



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERIA MECANICA

**DISEÑO DE HORNO DE CRISOL BASCULANTE QUE  
FUNCIONA CON BIODIESEL EN EL INGENIO SAN  
ANTONIO CHICHIGALPA, CHINANDEGA.**

Trabajo Monográfico Elaborado por:

Br. Cruz Varela, Helder José  
Br. Solórzano Barrios, Mario Javier

**Como requisito para optar al título de:**

**Ingeniero Mecánico**

**Tutor:**  
Urbina, William

**Managua, Nicaragua – 2009**

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento industrial en general, ha generado un aumento en el consumo de materia prima para estructuras metálicas, con el creciente uso de materiales de acero y otros tipos de aleaciones, además del aumento cuantitativo de la chatarra producida por la enorme cantidad de desechos de maquinarias antiguas, herramientas defectuosas, residuos de materiales de construcción etc. y con la alza en los precios de los metales surge la necesidad de dar solución al problema de tantos desechos metálicos y al mismo tiempo a la compra de metales y aleaciones a países extranjeros, que resultan excesivamente caros, sus precios de compra, manejo y transporte con sus elevados costos en el territorio nacional.

Como una alternativa a esta problemática se plantea la realización de diseño de un horno de crisol basculante que funcione con Biodiésel, ubicado en el Ingenio San Antonio en la ciudad de Chichigalpa, ya que este Ingenio azucarero requiere un gran número de piezas fundidas de aluminio y bronce.



## **ANTECEDENTES**

Hoy en día existen pequeñas fundidoras e Industrias que muestran interés en el desarrollo y estudio de esta tecnología.

En la actualidad el Ingenio San Antonio consta de un Horno de Cubilote con capacidad de producción de 2,500 lb./sem. , a su vez este funciona a base de Coque, combustible que en algunos periodos de reparación y zafra se hace costosa su compra, ya que tienen que comprarlo al exterior.

Este costo de compra se disminuirá con la construcción de un Horno basculante que funcione con Biodiesel, por otro lado, con el uso de este combustible orgánico amigable con el ambiente, se contribuirá al desarrollo de las medidas de prevención y cuidado del medio ambiente con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El horno existente no cuenta con un sistema de basculación adecuado que brinde las condiciones optimas al trabajador (ANEXO A-24), ya que se tiene que operar manualmente, algo que expone al trabajador a posibles riesgos laborales. En base a esto el presente diseño presenta una solución viable para garantizar una mejor manipulación en el sistema de vertido.

## JUSTIFICACIÓN

A pesar de que la tecnología de la fundición es poco conocida en nuestro país, las perspectivas de su desarrollo son grandes. La realización de este proyecto contribuirá en la calidad de la tecnología metalúrgica presente en la empresa azucarera y en el mejoramiento del cumplimiento de las normas establecidas en Higiene y seguridad laboral.

De igual forma el diseño aplicado al horno, será en pro de mejorar su manejo y seguridad al sustituir el sistema de basculación manual por un sistema hidráulico, reduciendo las posibilidades de accidentes al momento de su uso.

Con el combustible biodegradable se demostrará que no solo resulta menos nocivo para el ambiente, sino que también con el diseño garantizaremos la temperatura óptima para la fundición.

Al ser alimentado por un combustible no procedente del petróleo, el horno es un modelo de aprovechamiento de los productos que están siendo manufacturados en la actualidad en Nicaragua, como son el Biodiésel procedente de distintos cultivos como el tempate o la caña de azúcar. Evitando así depender de combustible extranjero el cual además de ser dañino con el medio ambiente, es caro.

Debido a que el Biodiésel es más eficiente que el diésel proveniente de la destilación del petróleo, al quemarse el primero se emitirá en menor cantidad el gas carbónico el cual es uno de los llamados gases de invernadero que provoca el fenómeno del calentamiento global.

## OBJETIVOS

Objetivo General.

- ✚ Diseñar un Horno de crisol basculante que funcione con Biodiesel, en el Ingenio San Antonio.

Objetivos Específicos.

- ✚ Diseñar el cuerpo del Horno, el sistema de basculación y el sistema de levantado de la tapa del horno.
- ✚ Demostrar mediante pruebas prácticas, que con el uso del Biodiesel se genera menos agentes contaminantes.
- ✚ Elaborar un plan de Mantenimiento para toda la estructura tanto del mecanismo como para los equipos de operación.

## MARCO TEÓRICO:

Se mencionan a continuación algunos conceptos y definiciones que ayudaran a una mayor comprensión del tema en cuestión.

### LOS METALES:

Son materiales que se obtienen a partir de minerales que forman parte de las rocas. Por ejemplo, el metal hierro se extrae de minerales de hierro como la magnetita o la siderita.

### TIPOS DE METALES:

Los Metales se pueden dividir en dos grandes grupos:

✚ **Metales ferrosos:** Son aquellos metales que contienen hierro como componente principal. Entre estos está:

- El hierro puro
- El acero
- La fundición

✚ **Metales no ferrosos:** Son aquellos metales que no contienen hierro o contienen muy poca cantidad de hierro. Hay muchos:

- El cobre
- El aluminio
- El bronce
- El zinc
- El plomo, etc.

## PROPIEDADES DE LOS METALES:

La gran cantidad de aplicaciones que presentan los metales se debe a las propiedades que tienen, entre ellas:

### **Propiedades mecánicas:**

Las propiedades mecánicas son aquellas relacionadas con la aplicación de fuerza sobre los metales.

- Dureza: Es la resistencia que ofrece un metal a ser rayado, cortado o perforado. Un metal duro no se puede rayar, ni perforar ni cortar con facilidad.
- Tenacidad: Es la resistencia que ofrece un metal a romperse cuando es golpeado.
- Ductilidad: Es la capacidad que tienen algunos metales de convertirse en hilos finos cuando son estirados.
- Maleabilidad: Es la capacidad que tienen algunos metales de convertirse en láminas finas cuando son extendidos.
- Fragilidad: Es la facilidad con la que se rompe un metal cuando es golpeado. Es lo contrario de tenacidad.
- Elasticidad: Es la capacidad que tienen algunos metales de recuperar su forma inicial cuando finaliza la fuerza que lo ha deformado.

- Plasticidad: Los metales tienen plasticidad cuando no son capaces de recuperar su forma inicial al finalizar la fuerza que lo ha deformado. Lo contrario de plasticidad es elasticidad.

### **Propiedades térmicas:**

Las propiedades térmicas son aquellas relacionadas con la aplicación de calor sobre los metales.

- Conductividad térmica: Es la capacidad que tienen los metales para conducir el calor a través de ellos. Todos los metales tienen buena conductividad térmica.
- Dilatación y contracción: Un metal se dilata cuando aumenta de tamaño al aumentar la temperatura y se contrae cuando disminuye de tamaño al disminuir la temperatura.
- Fusibilidad: Es la propiedad que tienen los metales de fundirse, es decir, de pasar de estado sólido a líquido cuando sube la temperatura. Todos los metales tienen punto de fusibilidad específico.
- Soldabilidad: Es la capacidad que tienen algunos metales de unirse a altas temperaturas.

### **Propiedades eléctricas:**

Las propiedades eléctricas son aquellas relacionadas con el paso de la corriente eléctrica sobre los metales.

- Conductividad eléctrica: Es la capacidad que tienen los metales para conducir la corriente eléctrica a través de ellos. Todos los metales tienen buena conductividad eléctrica, por eso son, conductores eléctricos. Entre los mejores están la plata y el cobre.

### **Propiedades químicas:**

Son aquellas relacionadas con la forma en que los metales reaccionan con sustancias.

- Oxidación: Es la facilidad con la que reacciona el metal con el oxígeno del aire o del agua y cubrirse con una capa de óxido. Los metálicos férricos se oxidan con cierta facilidad, pero el oro apenas se oxida.

### **HORNOS DE CRISOL BASCULANTE:**

Un horno basculante se compone de una envuelta cilíndrica de acero, revestido con material refractario, y que puede girar u oscilar lentamente alrededor de su eje principal.

El combustible puede ser gas, aceite o carbón pulverizado, y el aire se suministra mediante un ventilador o máquina soplante. En los hornos pequeños la rotación se puede dar a mano, pero la mayoría están montados sobre rodillos y se les hace girar por un dispositivo de cadena o de fricción. La elevada temperatura de la llama funde y sobrecalienta la carga y lleva una temperatura superior al refractario, que cede su calor a la superficie inferior del metal cuando al girar el horno se pone en contacto con ella. Este efecto acorta el tiempo de fusión y ayuda a salvar el efecto de aislante térmico de la capa de escoria. Se puede fundir en condiciones neutras, oxidantes o reductoras.

## **PRINCIPIOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.**

Cuando existe un gradiente de temperaturas en un sistema o cuando dos sistemas a diferente temperatura se ponen en contacto se transfiere energía. El proceso mediante el cual tiene lugar este transporte de energía se conoce como transmisión de calor. No es observable directamente; pero sus efectos, preferentemente variaciones de energía interna, permiten su medida. El flujo de calor, análogamente al caudal de trabajo o potencia, da lugar a cambios importantes en la energía interna de un sistema.

Puesto que la transmisión de calor es en realidad un transporte de energía, se sigue necesariamente la ley de conservación de la energía, por lo que, en un sistema cerrado, el calor emitido por la región de temperatura superior debe de ser exactamente igual al calor absorbido por la región de temperatura inferior (de no existir pérdidas en el sistema, tal a como se hace alusión).

Para estimar el coste y la capacidad del equipo necesario para transferir una determinada cantidad de calor en un tiempo dado, se debe realizar un análisis detallado de la transmisión de calor. Desde el punto de vista ingenieril, dicho análisis tiene como objetivos prioritarios la determinación de las variaciones de temperatura en el interior de los cuerpos materiales, y la predicción de la velocidad a la que tiene lugar la transferencia de calor a través de una superficie.

En la transmisión de calor, como en otras disciplinas de la ingeniería, la solución de un problema determinado que se pueda plantear requiere la realización de hipótesis e idealizaciones. Es prácticamente imposible describir el fenómeno exactamente y, cuando se tiene que expresar el problema en forma de una ecuación matemática, es necesario realizar algunas aproximaciones. Es importante tener presentes las aproximaciones, hipótesis e idealizaciones realizadas cuando se interpreten los resultados finales obtenidos. Algunas aproximaciones habituales que se pueden citar son:

Algunas propiedades físicas como la conductividad térmica, la viscosidad, el calor específico o la densidad cambian con la temperatura, pero si seleccionan los valores medios adecuados los cálculos se pueden simplificar considerablemente sin que se produzca un error considerable en el resultado final.

Cuando se transmite calor por convección a través de una pared lo suficientemente grande, se puede considerar que su superficie es infinita con lo que se reducirán considerablemente los cálculos a la hora de resolver el problema de transmisión de calor.



Para poder realizar iteraciones es conveniente conocer de un modelo matemático donde de pueda ver el comportamiento de una variable en función a su temperatura.

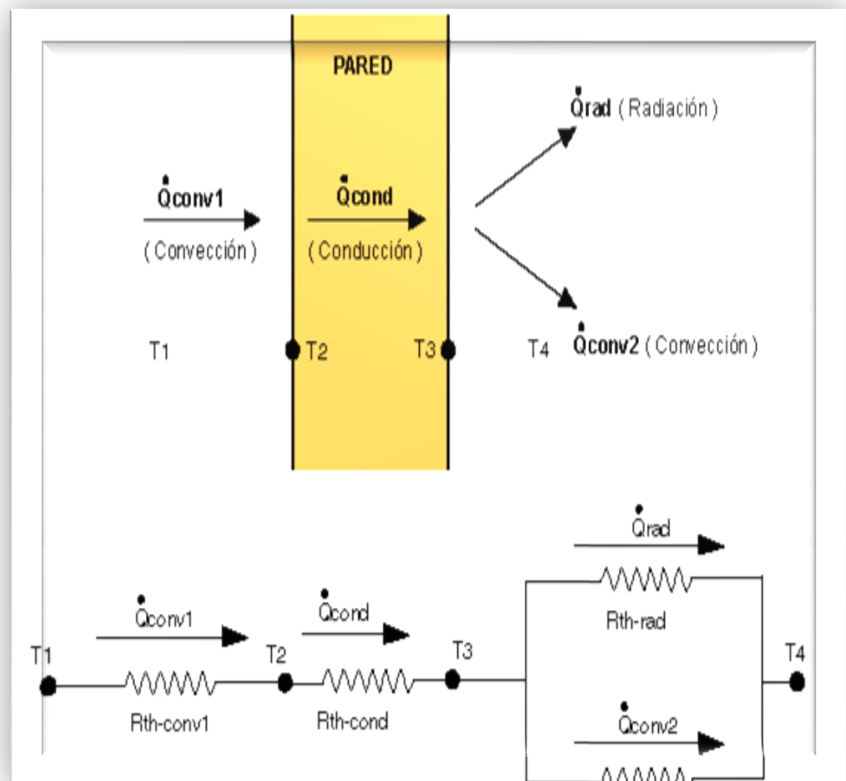
El Biodiésel por ser un combustible similar a los diesel comerciales, se debe de asemejar en propiedades al cetano ( $C_{16}H_{34}$ ), por ser este ultimo el canon de los combustibles de ignición por compresión, (tal a como lo es el octano en las gasolinas comerciales).

Los mecanismos a través de los cuales se transmite el calor son: **conducción, convección y radiación.**

Tanto la conducción como la convección necesitan de un medio material para poder transferir esta energía, mientras que la radiación no lo necesita y, de hecho, está más favorecida la transferencia en el vacío.

A continuación se realiza una introducción de cada uno de los tres mecanismos de transmisión de calor y se presentarán las ecuaciones que los gobiernan.

[Figura 1.1 Mecanismos a través de los cuales se transmite el calor.](#)



### CONDUCCIÓN:

La conducción de calor es el mecanismo de transmisión en sólidos exclusivamente, aunque también se puede suponer que es el único que tiene lugar en los fluidos en reposo, un ejemplo de ello puede ser la transferencia de calor entre una ventana de vidrio doble con el aire que queda atrapado entre las dos superficies de cristal, por ser este espacio bastante pequeño y el fluido al hallarse prácticamente en reposo se puede considerar que el aire es como una especie de manta aislante con cierta conductividad térmica . Cuando en un medio material existe un gradiente de temperatura el calor fluye en sentido contrario a este gradiente. La energía se transmite debido al movimiento de átomos, moléculas, iones y electrones, que constituyen la sustancia, sin movimiento aparente de la materia a nivel macroscópico.

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Donde: k: es una constante de proporcionalidad llamada conductividad térmica.

T: Variación de temperatura entre los extremos de la superficie o gradiente térmico.

A: área superficial a través de la cual la transferencia de calor por

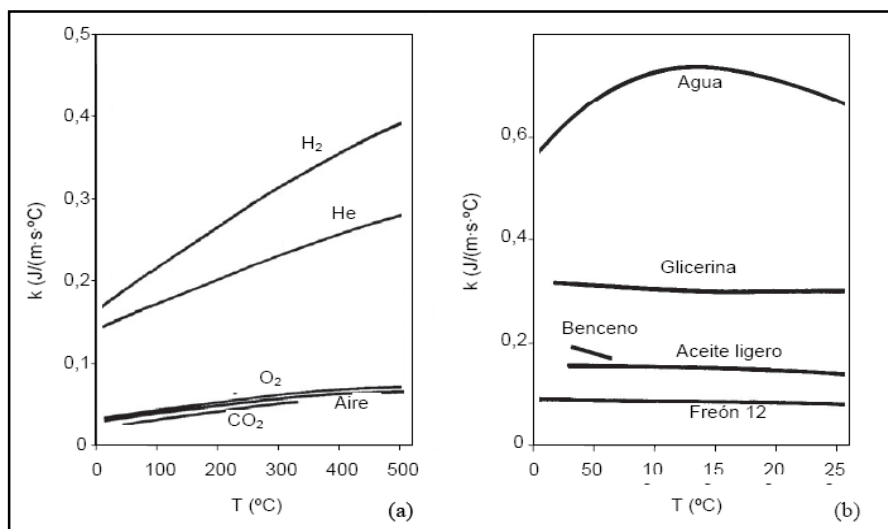
Conducción ocurre, área normal al paso del flujo de calor.

x: Longitud o espesor de la superficie.

El valor de la conductividad depende del material y de su estado físico. Respecto a la conductividad, los cuerpos se clasifican en:

**ISÓTROPOS:** cuerpos que no presentan direcciones privilegiadas en la conducción del calor. En consecuencia, la conductividad no varía con la posición. Son materiales isótropos, la mayoría de los gases, líquidos y los sólidos cristalinos del sistema regular.

**ANISÓTROPOS:** cuerpos en los que la conductividad es función de la posición y aparecen entonces direcciones privilegiadas en la transmisión de calor Como ejemplos cabe citar a los sólidos no regulares (fibra de vidrio, amianto, madera, etc.).



[Figura 1.2 Variación de la Conductividad térmica con la temperatura para gases \(a\) y líquidos \(b\)](#)

Para los gases se puede observar en la Figura 1.2 que la conductividad térmica, es del orden de  $10^{-2} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  [ $\text{J/m}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C}$ ] en casi todos los casos. También se observa que su valor aumenta con la temperatura, como queda claramente reflejado en la Figura 1.2.a Para los líquidos la conductividad térmica es del orden de  $10^{-1} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  y varía poco con la temperatura. La conductividad térmica de los metales líquidos es muy superior a la de los líquidos orgánicos o a la del agua.

En algunos casos la conductividad presenta un máximo como es el caso del agua ( $k_{\text{máx}}$  a  $115^\circ\text{C}$ ), tal y como se puede ver en la Figura 1.2.b. Entre los líquidos no metales el agua es el mejor conductor del calor.

En los sólidos el orden de magnitud de la conductividad térmica oscila entre  $10^{-1} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , para los sólidos no metálicos (madera, ladrillo, etc.), y  $10^2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , para los metales muy conductores (cobre, aluminio, etc.). Las impurezas presentes en los metales pueden provocar variaciones de conductividad de hasta el (50-75) %, es decir que las incrustaciones de lodos y otras impurezas sirven de aislantes térmicos.

En la Figura 1.3 se puede apreciar que la tendencia en los metales sólidos es que la conductividad térmica disminuya al aumentar la temperatura, mientras que las aleaciones tienen el comportamiento contrario, es decir, la conductividad térmica de una aleación aumenta al hacerle la temperatura. En la misma gráfica se observa también que la conductividad de una aleación no es un valor medio de la de los metales puros con que está formada, sino que siempre tiene un valor inferior a la de los metales que la conforman.

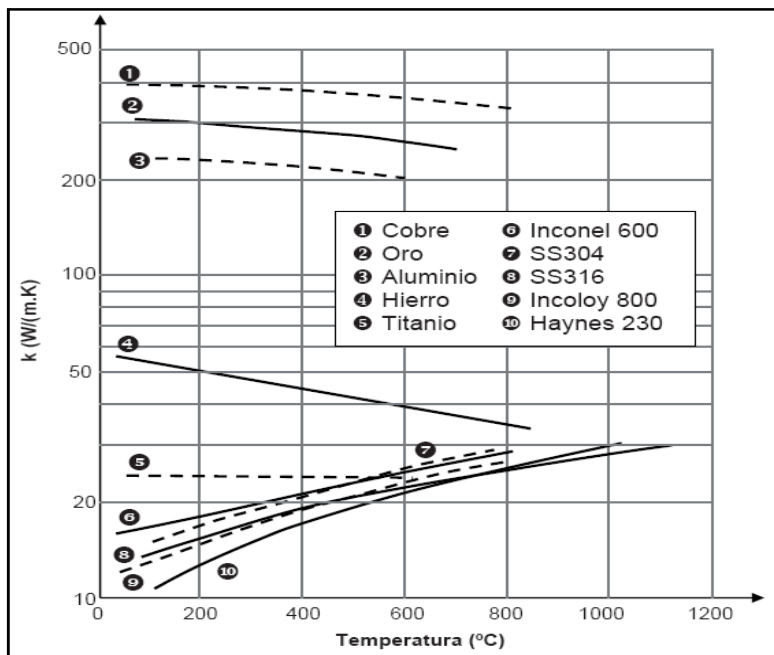


Figura 1.3 Variación de la conductividad térmica con la temperatura para metales

### CONVECCIÓN:

La convección consiste en el transporte de energía debido al propio movimiento material en el interior de un sistema. La convección es el mecanismo de transmisión de calor más importante para los fluidos, lo cual no implica que sea el único mecanismo posible de transmisión de calor.

La convección puede ser **Natural** o **Forzada** según sea el origen de las fuerzas que actúan sobre el fluido. En el primer caso actúan las fuerzas de flotación generadas únicamente por las diferencias de densidad que aparecen en el seno del fluido; provocadas a su vez por gradientes de temperatura. En el segundo caso, actúan dispositivos mecánicos (bombas, agitadores, etc.) que comunican energía al fluido poniéndolo en movimiento.

**Ley de Enfriamiento de Newton:** Ayuda a simplificar considerablemente la determinación del calor transferido por convección. Esta indica que:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_{\infty})$$

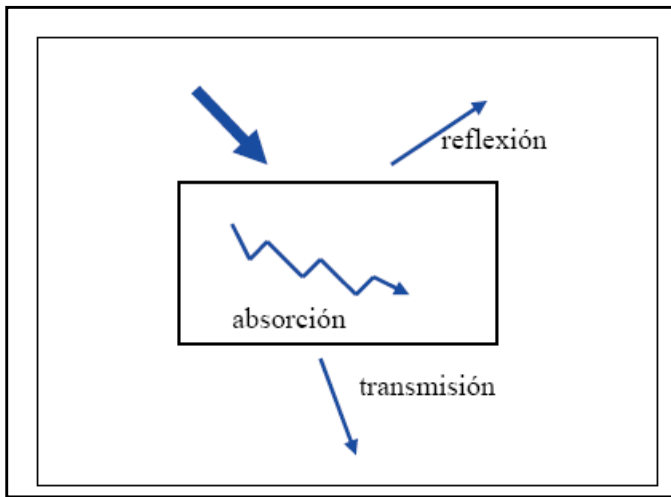
En donde,

$h$ : es el coeficiente de transferencia de calor por convección o coeficiente convectivo expresado en  $W / m^2 \cdot ^\circ C$  ó  $Btu / h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F$

$A_s$ : es el área superficial a través de la cual la transferencia de calor por convección ocurre, es decir el área de contacto del fluido o de los fluidos, según sea el caso.

$T_s$ : es la temperatura de la superficie.

$T$  : es la temperatura del fluido suficientemente lejos de la superficie.



[Figura 1.4 Radiación, absorción, transmisión y reflexión de ondas.](#)

#### RADIACIÓN:

Los procesos de transmisión de calor por conducción y convección están generados por gradientes de temperatura, siendo de poca importancia el nivel de temperatura. Sin embargo, en la transmisión de

calor por radiación tiene mucha importancia el nivel de temperatura y nula importancia el gradiente de la misma. En la radiación la transmisión de energía se efectúa mediante ondas electromagnéticas. Estas se “transmiten” mejor en el vacío que en un medio material, lo que diferencia claramente a la radiación de los otros dos mecanismos de transmisión de calor. Cuando la radiación electromagnética llega a una superficie de cuerpo material (Figura 1.4), esta radiación puede ser:

Absorbida, calentándose el cuerpo o provocando reacciones fotoquímicas (función clorofílica como almacenamiento de energía solar).

Reflejada, devolviéndose al medio ambiente en la misma forma.

Transmitida, atravesando el cuerpo sin alterarse. Sólo la fracción absorbida se transforma en energía interna, bien aumentando la temperatura o bien provocando reacciones fotoquímicas.

**Ley de Stefan-Boltzmann:** Determina la máxima razón de radiación que puede ser emitido desde una superficie a una temperatura absoluta  $T_s$  en  $^{\circ}\text{K}$  o  $^{\circ}\text{R}$ .

$$\dot{Q}_{emit,max} = \sigma A_s T_s^4$$

En donde,

$\sigma$  : es la constante de Stefan Boltzmann equivalente a  $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  ó  $0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu / h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$

La superficie ideal que emite radiación a esta proporción máxima recibe el nombre de cuerpo negro, y la radiación emitida por un cuerpo negro es llamada radiación de cuerpo negro. La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la radiación emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura, y es expresada como:

$$\dot{Q}_{emit} = \epsilon \sigma A_s T_s^4$$

En donde,

$\epsilon$  : es la emisividad de la superficie. La propiedad de emisividad, cuyo valor esta en el rango de 0 a 1, es una medida de que tan cerca una superficie se asemeja a un cuerpo negro para el cual  $\epsilon = 1$ .

**Absorción ( $\alpha$ ):** es la fracción de la energía de radiación incidente en una superficie que es absorbida por la superficie. Tal y como la emisividad, su valor oscila 0 a 1. Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente en el mismo. Por consiguiente, un cuerpo negro es un absorbedor perfecto ( $\alpha = 1$ ), como también perfecto emisor.

**Ley de Kirchhoff:** Dice que la emisividad y absorción de una superficie a una temperatura y longitud de onda dada son iguales. La razón a la cual una superficie absorbe radiación es determinada por:

$$\dot{Q}_{\text{absorbido}} = \alpha \dot{Q}_{\text{incidente}}$$

El calor transferido entre dos superficies por radiación viene dado por:

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{\text{alrededores}}^4)$$

### MATERIAL REFRACTARIO:

Son refractarios aquellos materiales capaces de soportar elevadas temperaturas. Los materiales refractarios por excelencia son las cerámicas. Los refractarios deben soportar altas temperaturas sin corroerse o debilitarse por el entorno. Los refractarios típicos están compuestos por diversas partículas gruesas de óxido aglutinadas con un material refractario más fino. El material refractario, se utiliza en todos los hornos industriales que se usan en refinerías de petróleo, industria química, industria siderúrgica y metalúrgica, cementeras, ladrilleras, cerámicas, industrias del vidrio, etc.

### **Tipos de material refractario:**

Los refractarios se dividen en cuatro grupos: ácidos, básicos, neutros y especiales con base en su comportamiento químico.

**Refractarios Ácidos:** Incluyen las arcilla de sílice, de alúmina y refractarios de arcilla. La sílice pura a veces se utiliza para contener metal derretido. Los refractarios de arcilla por lo general son relativamente débiles, pero poco costosos. Contenidos de alúmina por arriba de aproximadamente 50%.

**Refractarios Básicos:** Varios refractarios se basan en el MgO (magnesia o periclase) El MgO puro tiene un punto de fusión alto, buena refractariedad buena resistencia al ataque por los entornos que a menudo se encuentran en los procesos de fabricación de acero. Típicamente, los refractarios básicos son más costosos que los refractarios ácidos.

**Refractarios Neutros:** Normalmente incluyen la cromatina y la magnesita, pueden ser utilizados para separar refractarios ácidos de los básicos, impidiendo que uno ataque al otro.

**Refractarios Especiales:** El carbono, el grafito, es utilizado en muchas aplicaciones refractarias, particularmente cuando no hay oxígeno fácilmente disponible.

**La arcilla:**

La arcilla es un mineral terroso compuesto en su mayoría por hidrosilicato de alúmina, obtenido por procesos geológicos de envejecimiento del planeta. Debido a que el proceso de envejecimiento es continuo y ocurre en cualquier punto del planeta, la arcilla es considerada un material corriente y bastante abundante.

**Composición química de la arcilla.**

La mayoría de las arcillas provienen de la descomposición del Feldespato, es por esto que la composición química de la corteza terrestre y la de la mayoría de las arcillas es muy similar.

La fórmula molecular de la arcilla es la siguiente:



Esta fórmula no incluye las impurezas que siempre están presentes en la composición de la arcilla, por tal motivo la fórmula anterior hace referencia a una arcilla pura. A la arcilla pura se le ha dado el nombre de Caolinita. Las arcillas con un mayor grado de pureza son las que cuentan con un contenido alto de sílice y alúmina.

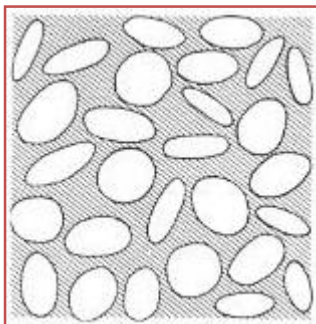


Compuesto	Corteza Terrestre (%)	Arcilla Roja Común (%)
SiO <sub>2</sub>	59.14	57.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34	19.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88	6.70
MgO	3.49	3.08
CaO	5.08	4.26
Na <sub>2</sub> O	3.84	2.38
K <sub>2</sub> O	3.13	2.03
H <sub>2</sub> O	1.15	3.45
TiO <sub>2</sub>	1.05	0.91

Tabla 1.1 Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común.

## Clasificación de las arcillas.

Figura 1.5 Distribución esquemática de las partículas en una arcilla residual o primaria.



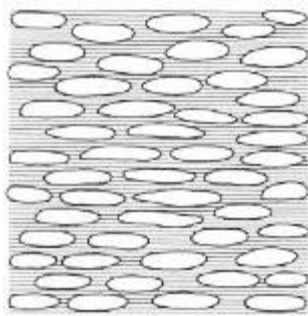
Las arcillas pueden ser clasificadas por su origen geológico en dos grandes grupos:

**Arcillas Primarias o Residuales:** Las arcillas conocidas como primarias son las que se encuentran en el mismo lugar en donde se llevó a cabo la descomposición de la roca ígnea a la que pertenecen. Estas arcillas que no han sido transportadas por el agua, el viento, o el glaciar; son generalmente más puras.

Las arcillas primarias se caracterizan por:

- Alto grado de refractariedad, ya que se funden a temperaturas apenas menores a los 1750° C.
- Relativa pureza, ya que tienen altos porcentajes de sílice y alúmina, y bajo contenido de óxido de hierro y otras impurezas en su composición química.
- Color blanco adquirido después de la cocción, producto de su bajo contenido de impurezas.
- Poca plasticidad al ser moldeadas, ya que no conservan la forma que se les da después del moldeo.

Arcillas Secundarias o Sedimentarias: Las arcillas secundarias hacen referencia al tipo de arcilla que no se encuentra en el mismo lugar en donde se realizó la desintegración de su roca madre, y ha sido transportada a otro lugar. El medio más común en el que son transportadas las partículas de este tipo de arcillas es el agua, pero el viento y los glaciares también funcionan como medio de transporte para estas arcillas.



[Figura 1.6 Distribución esquemática las partículas en un arcilla sedimentaria o secundaria](#)

Las principales características de las arcillas secundarias son:

- Alto grado de plasticidad, ya que tienen granos más pequeños, a como se visualiza en la Figura 1.6
- Pueden adquirir diferentes coloraciones después del proceso de cocción, desde blanco hasta marrón oscuro, la razón es porque cuentan con un alto contenido de impurezas.
- Su punto de fusión generalmente se encuentra entre los 1150° y los 1500° C.

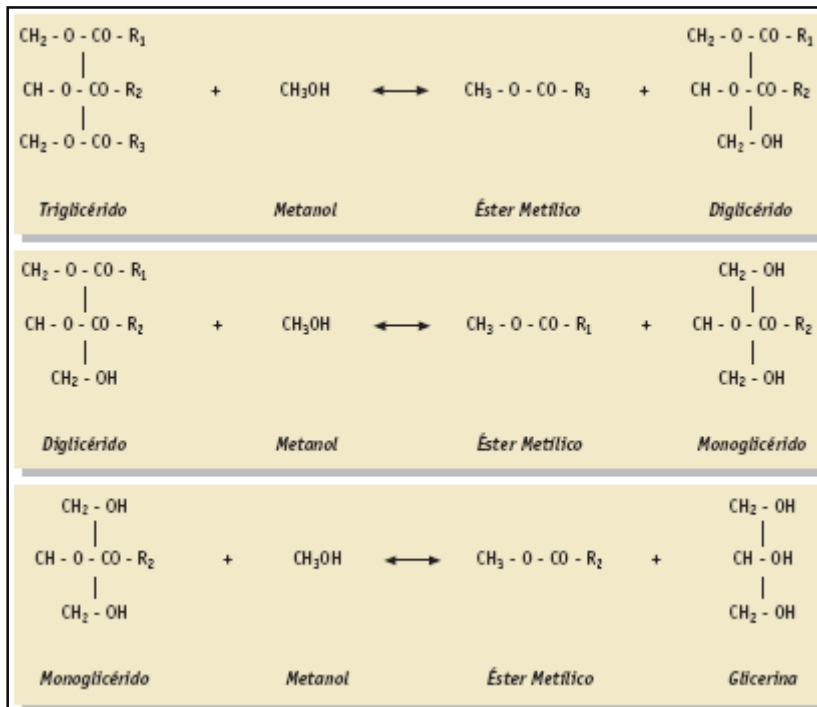
## **BIODIÉSEL:**

El Biodiésel es un éster metílico que se obtiene principalmente a partir de aceites vegetales, entre ellos los aceites de colza, girasol, palma, soja, aunque también se pueden utilizar los aceites de fritura usados y las grasas animales. Los aceites extraídos de las plantas oleaginosas se transforman en Biodiésel mediante un proceso denominado transesterificación. Este bio carburante se utiliza como sustituto del gasóleo en los motores de compresión (Diesel), aunque también puede ser empleado para la combustión en calderas de calefacción. Sus propiedades son parecidas a las del gasóleo de automoción en cuanto a densidad y al número de cetano. Además su punto de inflamación es superior al del gasóleo, lo que implica una mayor seguridad en su utilización. (Ver tabla 1.2).

Transesterificación:

La reacción química como proceso industrial utilizado en la producción de Biodiésel, es la transesterificación, que consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido es convertido consecutivamente en di glicérido, mono glicérido y glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado.

Todo este proceso se lleva a cabo en un reactor donde se producen las reacciones y en posteriores fases de separación, purificación y estabilización.



[Figura 1.7 Reacciones Químicas en el proceso de obtención de Biodiésel.](#)

La ASTM (American Society for Testing and Material Standard) describe al Biodiésel como ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión. Sin embargo, los ésteres más utilizados, son los de metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceites vegetales o grasas animales o de la esterificación de los ácidos grasos) debido a su bajo coste y sus ventajas químicas y físicas.

<i>Propiedad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límites</i>		<i>Método de ensayo</i>
		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Contenido en éster <sup>a</sup>	% (m/m)	96,5 <sup>b</sup>		EN 14103
Densidad a 15°C <sup>c</sup>	kg/m <sup>3</sup>	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad a 40°C <sup>d</sup>	mm <sup>2</sup> /g	3,50	5,00	EN ISO 3104
Punto de inflamación	°C	120	-	prEN ISO 3679 <sup>e</sup>
Contenido de azufre	mg/kg	-	10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Residuo de carbón (en 10% de residuo destilado) <sup>f</sup>	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Índice de cetano <sup>g</sup>		51,0		EN ISO 5165
Contenido de cenizas sulfatadas	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Contenido en agua	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Contaminación total <sup>h</sup>	mg/kg	-	24	EN 12662
Corrosión de la tira de cobre (3h a 50°C)	Clasificación		Clase 1	EN ISO 2160
Estabilidad a la oxidación 110°C	Horas	6,0	-	EN 14112
Índice de ácido	mg KOH/g		0,50	EN 14104
Índice de yodo	g de yodo/100g		120	EN 14111
Éster de metilo de ácido linoléico	% (m/m)		12,0	EN 14103
Ésteres de metilo poli-insaturados <sup>i</sup> (≥ = a 4 dobles enlaces)	% (m/m)		1	
Contenido de metanol	% (m/m)		0,20	EN 14110
Contenido en monoglicéidos	% (m/m)		0,80	EN 14105
Contenido en diglicéidos	% (m/m)		0,20	EN 14105
Contenido en triglicéidos <sup>j</sup>	% (m/m)		0,20	EN 14105
Glicerol libre <sup>j</sup>	% (m/m)		0,02	EN 14105 EN 14106
Glicerol total	% (m/m)		0,25	EN 14105
Metales del grupo I (Na+K) <sup>k</sup>	mg/kg		5,0	EN 14108 EN 14109
Metales del grupo II (Ca+Mg) <sup>l</sup>	mg/kg		5,0	prEN 14538
Contenido de fósforo	mg/kg		10,0	EN 14107

[Tabla 1.2 Propiedades del Biodiésel](#)

### Principales ventajas del Biodiésel:

1. Es el único combustible alternativo en cumplir con los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), bajo la sección 211(b) del "Clean Air Act".
2. El Biodiésel funciona en cualquier motor diesel convencional, no requiere ninguna modificación. Puede almacenarse puro o en mezcla, igual que el diesel.
3. El Biodiésel puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el combustible diesel de petróleo. La mezcla más común es de 20% de Biodiésel con 80% diesel de petróleo, denominado "B20".
4. La combustión de Biodiésel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono. Proporciona un leve incremento en óxidos de nitrógeno dependiendo del tipo motor. Distintos estudios en EE.UU. han demostrado que el Biodiésel reduce en 90% los riesgos de contraer cáncer.
5. El Biodiésel contiene 11% de oxígeno en peso y no contiene azufre. El uso del Biodiésel puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diesel fósil, mientras el consumo, encendido, rendimiento y torque del motor se mantienen prácticamente en sus valores normales.
6. El Biodiésel es biodegradable en solución acuosa, el 95% desaparece en 28 días y tiene un punto de inflamación de 150°C que se compara muy favorablemente al diesel de petróleo cuyo valor es de 50° C.
7. El Biodiésel se produce a partir de cultivos que abundan en nuestro país, como es la palma africana.
8. La Oficina del Presupuesto del Congreso y el Departamento de Defensa, el departamento de Agricultura de los Estados Unidos, junto con otros organismos han determinado que el Biodiésel es la opción más económica de combustible alternativo que reúne todos los requisitos del Acta de Política Energética.

## MECANISMO

Los mecanismos son elementos destinados a transmitir y transformar fuerzas y movimientos desde un elemento motriz (motor) a un elemento conducido.

Los mecanismos de transmisión se encargan de transmitir movimientos de giro entre ejes alejados. Están formados por un árbol motor (conductor), un árbol resistente (conducido) y otros elementos intermedios, que dependen del mecanismo particular. Una manivela o un motor realizan el movimiento necesario para provocar la rotación del mecanismo. Las diferentes piezas del mecanismo transmiten este movimiento al árbol resistente, solidario a los elementos que realizan el trabajo útil. El mecanismo se diseña para que las velocidades de giro y los momentos de torsión implicados sean los deseados, de acuerdo con una relación de transmisión determinada. Se pueden tener diversos tipos de transmisiones como las siguientes:

*Tornillo sin fin – corona.*

*Engranaje cónico de dientes rectos.*

*Engranaje cónico de dientes helicoidales.*

*Engranaje cilíndrico de dientes rectos.*

*Engranaje cilíndrico de dientes helicoidales.*

*Poleas.*

*Articulación universal.*

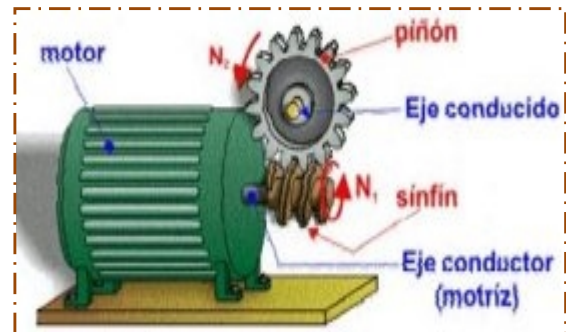
*Ruedas de fricción.*

*Sistema compuesto de poleas.*

*Transmisión por cadena.*

*Tren de engranajes compuesto.*

*Tren de engranajes simple.*



[Figura 1.8 Mecanismos Tornillo Sin fin - Corona.](#)

### **Tornillo sin fin – corona:**

El tornillo sin fin es un mecanismo de transmisión circular compuesto por dos elementos: el **tornillo (sinfín)**, que actúa como elemento de entrada (o motriz) y la **rueda dentada**, tal como se puede apreciara en la Figura 1.8, que actúa como elemento de salida (o conducido) y que algunos autores llaman **corona**. La rosca del tornillo engrana con los dientes de la rueda de modo que los ejes de transmisión de ambos son perpendiculares entre sí.

El funcionamiento es muy simple: por cada vuelta del tornillo, el engranaje gira un solo diente o lo que es lo mismo, para que la rueda dé una vuelta completa, es necesario que el tornillo gire tantas veces como dientes tiene el engranaje. Se puede deducir de todo ello que el sistema posee una relación de transmisión muy baja, o lo que es lo mismo, es un excelente reductor de velocidad y, por lo tanto, posee elevada ganancia mecánica. Además de esto, posee otra gran ventaja, y es el reducido espacio que ocupa.

El **tornillo** es considerado una rueda dentada con un solo diente que ha sido tallado helicoidalmente (en forma de hélice). A partir de esta idea, se puede deducir la expresión que calcula la relación de transmisión:

$$i = \frac{1}{Z}$$

Donde Z representa el número de dientes del engranaje o corona.

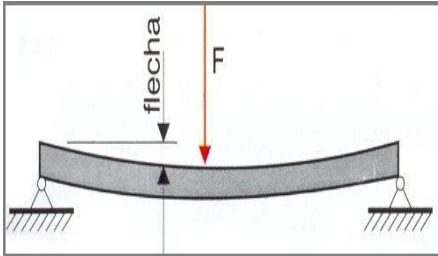
### **ÁRBOLES Y EJES:**

Son elementos de transmisión de movimiento giratorio, y la diferencia entre los ejes y los árboles es que los primeros son elementos de sustentación de los órganos giratorios de la máquina y no transmiten potencia, por lo que ni están sometidos a esfuerzos de torsión. Los árboles son elementos que transmiten potencia y sí están sometidos a esfuerzos de torsión.

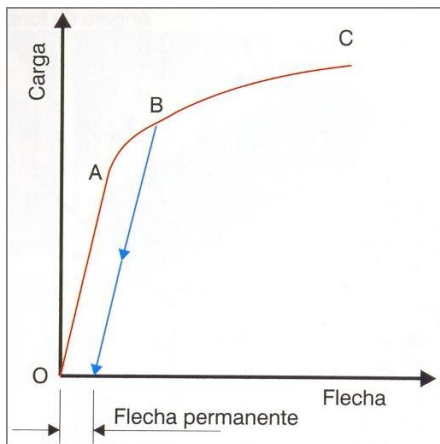
Los ejes son cilindros cuya longitud es mucho mayor en proporción que su diámetro, mientras que los árboles se diseñan de forma que su longitud sea la menor posible respecto al diámetro para soportar mejor las sollicitaciones de flexión, que sumadas a las de torsión podrían dar como resultado un incremento excesivo del diámetro del árbol.

## **FLEXIÓN:**

Se dice que una pieza está sometida a flexión cuando las fuerzas que actúan sobre ella lo hacen en sentido perpendicular a su eje longitudinal y tienden a curvarla. La distancia de separación de su posición inicial en un punto de la sección central de la pieza está sometida a cargas de flexión se llama flecha o flecha de flexión.



[Figura 1.9 Pieza sometida a esfuerzos de flexión.](#)



[Figura 1.10 Diagrama de esfuerzo en función de la deformación de probeta en ensayo de resistencia de materiales.](#)

Se pueden apreciar las siguientes zonas particulares de la Figura 1.10:

Zona OA o de proporcionalidad: en la que las deformaciones, en este caso flechas, son directamente proporcionales a los esfuerzos de flexión aplicados a la probeta.

Zona AB o de deformaciones permanentes: donde las flechas aumentan en mayor medida que lo hacen los esfuerzos y además se hacen permanentes.

Zona BC: donde al producirse un pequeño aumento de la carga se origina la rotura de la probeta. En los materiales muy plásticos se doblan sin llegar a producirse la rotura.

Otro factor a tener en cuenta a la hora de diseñar árboles es su acabado superficial, en especial para elementos sometidos a esfuerzos de fatiga, que



suelen ser casi 1.11 se puede pérdida de fatiga por flexión en diferentes tipos de superficial.



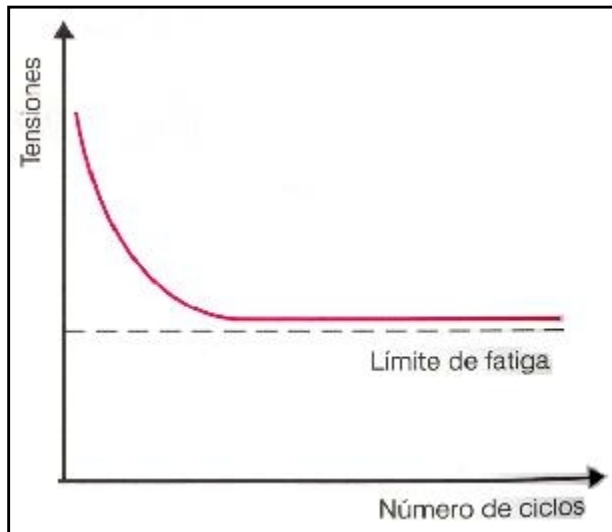
todos. En la figura observar la resistencia a la árboles con acabado

[Figura 1.11 Influencia del acabado superficial en la resistencia a fatiga de los árboles.](#)

### **FATIGA:**

Cuando una pieza está sometida a cualquier tipo de esfuerzo, ya sea de tracción, torsión, flexión, etc., y lo hace de forma intermitente o continua, se dice que trabaja a fatiga. Muchas de las piezas que intervienen en las máquinas están sometidas a esfuerzos de fatiga, como los cigüeñales, ejes, armaduras de puentes, etc., que actúan de forma variable durante largos períodos de tiempo.

Se ha podido comprobar que una pieza puede romperse si las cargas inconstantes a las que está sometida actúan durante un tiempo suficiente, aún cuando la intensidad de éstas sea menor de la carga de rotura del material. También se ha podido demostrar experimentalmente que si la carga variable a la que está sometida la pieza no sobrepasa un determinado valor, la pieza no rompe aunque actúe durante mucho tiempo. A este esfuerzo máximo que puede soportar la pieza sin rotura en el tiempo se le denomina límite de fatiga.



[Figura 1.12 Diagrama de fatiga.](#)

## **COJINETES:**

Dependiendo de la forma de apoyo entre los gorriones y sus soportes, se diferencian dos tipos de cojinetes:

Los de deslizamiento.

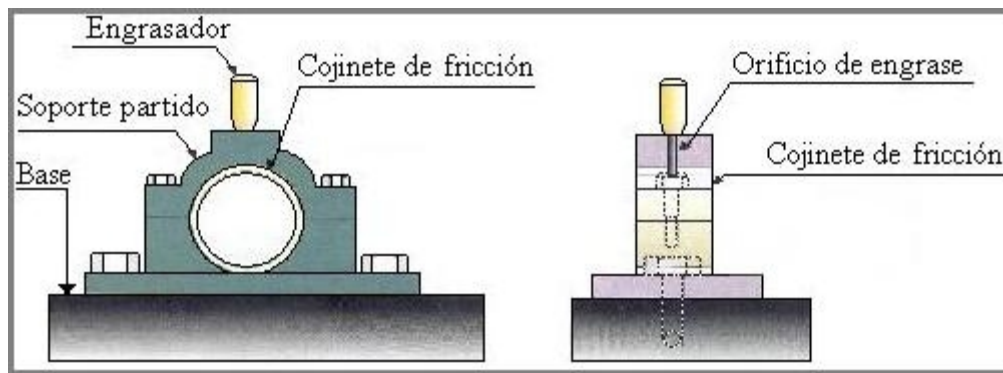
Los de rodadura.

En los primeros, el gorrón descansa sobre un casquillo del propio cojinete, trabajando por deslizamiento entre superficies lubricadas.

En los cojinetes de rodadura, los gorriones y el casquillo están separados por unos rodamientos que trabajan por rozamiento de rodadura.

### **Cojinetes de deslizamiento:**

También llamados de fricción, debido a que las superficies fija y móvil "friccionan", por deslizamiento separadas por una película de lubricante. Están formados por un soporte que acopla perfectamente sobre un casquillo de metal duro, que es el cojinete propiamente dicho. (Ver figura 1.13)



[Figura 1.13 Alzado y sección de un cojinete de fricción.](#)

En el caso hipotético de que el lubricante pudiese mantener las dos superficies separadas, gorrón y casquillo, el rozamiento no tendría ninguna consecuencia sobre ninguno de los dos, pero, inevitablemente se produce un contacto que deteriora el conjunto. Este fenómeno obliga a una selección precisa de los materiales de los que se han de construir estos elementos, que han de cumplir las siguientes condiciones:

Una superficie exterior lo suficiente lisa para que el lubricante sea arrastrado por el árbol al girar.

Un elevado coeficiente de transmisión de calor con el fin de disipar el incremento de temperatura producido por el inevitable rozamiento.

Un coeficiente de rozamiento lo menor posible en el deslizamiento en seco con el fin de disminuir la resistencia en el momento del arranque.

Una buena unión entre el casquillo y su soporte.

Los materiales que mejor soportan estas condiciones son las fundiciones grises, los bronce con elementos de aleación, como aluminio o el plomo, y los materiales sinterizados.

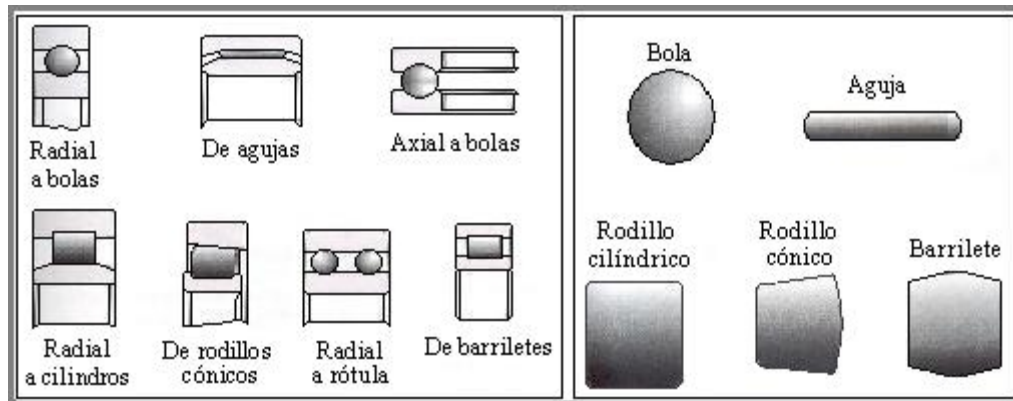
Este tipo de cojinete queda limitado por la carga admisible a soportar para poder formar la película de lubricante, pero cuando este inconveniente no existe, se pueden emplear en órganos giratorios a grandes velocidades y con poco ruido.

### **Cojinetes de Rodadura:**

En este tipo de cojinetes, el gorrón del árbol y la superficie de rodadura del soporte están separados por elementos rodantes, de forma que con el giro del gorrón o del cojinete se genera un movimiento de rodadura y no de deslizamiento.

Un cojinete de rodadura, normalmente llamado rodamiento, está formado por dos anillos rodantes separados entre sí por unos cuerpos, también rodantes, interpuestos entre éstos, cuya forma geométrica varía dependiendo del uso. (Ver figura 1.14)

Estos elementos de rodadura pueden ser de diferentes formas (bolas, rodillos cilíndricos, agujas, etc.,) dando como resultado diferentes tipos de rodamientos.



[Figura 1.14 Diferentes tipos de elementos y cojinetes de rodadura.](#)

Los cojinetes de rodamientos poseen determinadas ventajas sobre los cojinetes de fricción:

Su coeficiente de rozamiento es prácticamente independiente de la carga que han de soportar y también de la velocidad de giro y del tiempo que dure en servicio.

Su longitud es menor que la de los cojinetes de fricción, lo que facilita la incorporación en diseños donde las dimensiones de los mecanismo de han de ser muy ajustadas.

La necesidad de lubricación es mucho menor, lo que implica un menor consumo.

Al existir menor rozamiento en los cojinetes de rodadura, se produce menor calentamiento, por lo que la temperatura de trabajo es menor, y el poco calor que se pueda producir se disipa por radiación.

Como grandes inconvenientes respecto a los cojinetes de fricción, se pueden presentar:

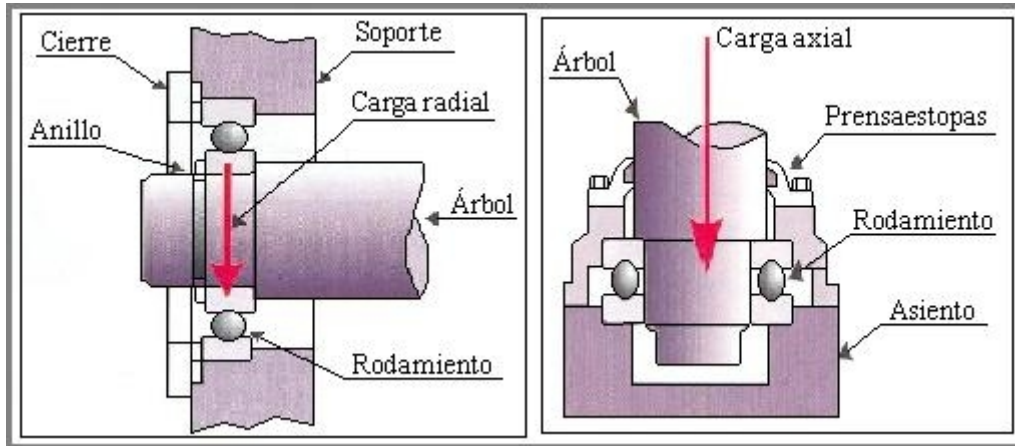
Su montaje requiere cierta precisión, y de no ser así, se produce se rotura de forma inmediata.

Son más sensibles que los de fricción a los choques o cargas bruscas.

La suciedad afecta muchísimo su duración.

Son más ruidosos en su funcionamiento.

Dependiendo del posicionamiento del rodamiento respecto a la carga que han de soportar, se diferencian tres tipos: axiales (admiten cargas en el sentido de su eje), rodamientos radiales (admiten cargas en sentido perpendicular a su eje y ninguno en sentido longitudinal) y los de empuje (admiten cargas en sentido axial y radial).



[Figura 1.15 Cojinete soportando una carga radial y axial.](#)

Los rodamientos suelen estar contruidos, casi en exclusiva, de acero duro al cromo (1% de carbono y 1,5% de cromo), denominado acero de rodamientos, con una dureza del orden de 650 HB, conseguida por temple a temperaturas comprendidas entre los 820 y 850°C y enfriado en aceite.

### **ACOPLAMIENTOS:**

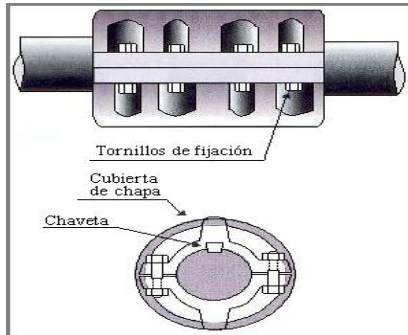
Los acoplamientos son elementos de unión de partes giratorias de las máquinas, de modo que el movimiento de una se transmite a la otra si están conectadas o se desconecta.

Una primera clasificación agrupa los acoplamientos en fijos, elásticos y móviles. En nuestro diseño se utilizaron los acoplamientos fijos.

### **Acoplamientos Fijos:**

Este tipo de acoplamiento une rígidamente los árboles que están conectados y no admiten ningún tipo de movimiento relativo entre ellos. Dependiendo del diámetro de los árboles a acoplar, se pueden distinguir:

**Acoplamientos de manguito:** se utilizan para conectar árboles del mismo diámetro y son de fácil instalación sin precisar la movilidad de los árboles a conectar para su montaje. Para diámetros pequeños se utilizan sistemas que comprimen los árboles, pero cuando los diámetros son mayores se emplean chavetas que aseguran la transmisión de grandes cargas.

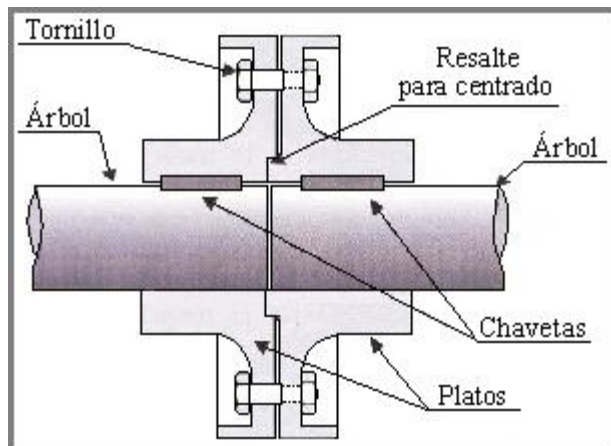


**Figura 1.16 Esquema de un acoplamiento fijo de manguito.**

**Acoplamientos de plato:** se emplean para árboles de igual o diferente diámetro, y dependiendo de su configuración se pueden distinguir los de plato propiamente dicho y los de brida.

En los primeros se fija el plato al árbol por medio de chavetas o por compresión sobre asientos cónicos, siendo preciso el centrado exacto de los dos platos a la hora de montarlos.

En los acoplamientos de brida, ésta se confecciona en el extremo del árbol por forja o se suela. El acoplamiento de los árboles se efectúa en los dos sistemas por medio de tornillos.



**Figura 1.17 Esquema de un acoplamiento fijo de Plato.**

## **LOS MOTORES HIDRÁULICOS:**

Los motores hidráulicos realizan un trabajo mecánico en forma de movimiento giratoria ejerciendo un par en el eje de salida. Su funcionamiento es pues inverso al de las bombas hidráulicas. Se emplean sobre todo porque entregan un par muy grande a velocidades de giro pequeñas en comparación con los motores eléctricos.



Figura 1.18 Ejemplo de un Motor Hidráulico.

Estos motores los podemos clasificar en dos grandes grupo: El primero es uno de tipo rotatorio en el que los engranes son accionados directamente por aceite a presión, y el segundo, de tipo oscilante, el movimiento rotatorio es generado por la acción oscilatoria de un pistón o percutor; este tipo tiene mayor demanda debido a su mayor eficiencia. A continuación se muestra la clasificación de este tipo de motores:

Motor de engranaje

Tipo Rotatorio Motor de Veleta

Motor de Hélice

Motor Hidráulico Motor de Leva excéntrica

Pistón Axial

Tipo                      Oscilante                      Motor                      con                      eje                      inclinado

## **BOMBA HIDRÁULICA:**

Una bomba hidráulica es un dispositivo tal que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión.

Se dice que una bomba es de desplazamiento no positivo cuando su órgano propulsor no contiene elementos móviles; es decir, que es de una sola pieza o de varias ensambladas en una sola.

A este caso pertenecen las bombas centrífugas, cuyo elemento propulsor es el rodete giratorio. En este tipo de bombas, se transforma la energía mecánica recibida en energía hidrocínética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en este tipo de bombas que la descarga de las mismas no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la misma regula la descarga, en el caso límite que la descarga de la bomba estuviera totalmente cerrada, la misma seguiría en movimiento NO generando caudal alguno trabajando no obstante a plena carga con el máximo consumo de fuerza motriz.

Por las características señaladas, en los sistemas hidráulicos de transmisión hidrostática de potencia hidráulica NUNCA se emplean bombas de desplazamiento NO positivo.

Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

En las bombas de desplazamiento positivo siempre debe permanecer la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la bomba; por tal causal siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad. Con una descarga a tanque y con registro de presión.

Las bombas se clasifican de la siguiente manera:

1. Bombas de volumen fijo o bombas de desplazamiento fijo.

1.1 Bombas de engranes o piñones.

1.1.1 Bombas de engranes de baja presión.

1.1.2 Bombas de engranes de alta presión.

1.1.3 Bombas de engranes de 1500 lb/plg<sup>2</sup>. (Tándem)

1.1.4 Bomba de engranes de 2000 lb/plg<sup>2</sup>.

1.1.5 Bomba de engranes de 2000 lb/plg<sup>2</sup> – Serie 37-X.



## 1.2 Bombas de paletas.

### 1.2.1 Bombas de paletas desequilibradas o de eje excéntrico.

### 1.2.2 Bombas de paletas equilibradas de 1000 lb/plg<sup>2</sup> de presión.(Vickers)

### 1.2.3 Bombas de Paletas equilibradas de 2000 lb/plg<sup>2</sup> de presión. (Denison)

## 1.3 Bombas de pistón

### 1.3.1 Bomba de Pistón Radial.

### 1.3.2 Bombas de Pistón Axial.

### 1.3.3 Bombas de Pistón de Barril angular. (Vickers)

### 1.3.4 Bomba de Pistón de Placa de empuje angular. (Denison)

### 1.3.5 Bomba Diseño Dynex.

## 2. Bombas de volumen variable.

### **Bombas de Pistón Axial.**

Las bombas de pistón generalmente son consideradas como las bombas que verdaderamente tienen un alto rendimiento en las aplicaciones mecánicas de la hidráulica. Algunas bombas de engranes y de paletas funcionarán con valores de presión cercanos a los 2000 lb/plg<sup>2</sup>, pero sin embargo, se les consideraran que trabajan con mucho esfuerzo. En cambio las bombas de pistón, en general, descansan a las 2000 lb/plg<sup>2</sup> y en muchos casos tienen capacidades de 3000 lb/plg<sup>2</sup> y con frecuencia funcionan bien con valores hasta de 5000lb/plg<sup>2</sup>.

Las bombas de pistón axial son las bombas más comunes que se encuentran. Las bombas de pistón axial derivan su nombre del hecho que los pistones se mueven dentro y fuera sobre un plano paralelo al eje de la flecha impulsora

### **PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS:**

**Densidad:**

La densidad de una sustancia es su peso por unidad de volumen. El volumen específico es el recíproco de la densidad. En este documento hacemos referencia a la densidad con las unidades Kg/m<sup>3</sup>, luego el volumen específico tendrá como unidad de medida m<sup>3</sup>/ Kg. La simbología de la densidad que se utiliza es la letra griega Rho,  $\rho$ , a menos que se especifique lo contrario.

La densidad específica es una medida relativa de la densidad. Como la presión tiene un efecto insignificante sobre las propiedades de los fluidos hidráulicos y la temperatura es la única variable de la cual dependen las variaciones de estas propiedades, la densidad específica de un líquido es su densidad a 60°F (a menos que se especifique de otra manera) dividida por la densidad del agua a 60°F. sin embargo existen a conveniencia otras maneras de designar la densidad relativa de un fluido:

Para aceites,  $\rho_{relativa} = \frac{141.5}{131.5 + \text{gradosAPI}}$ , cabe recalcar que aunque sea una forma

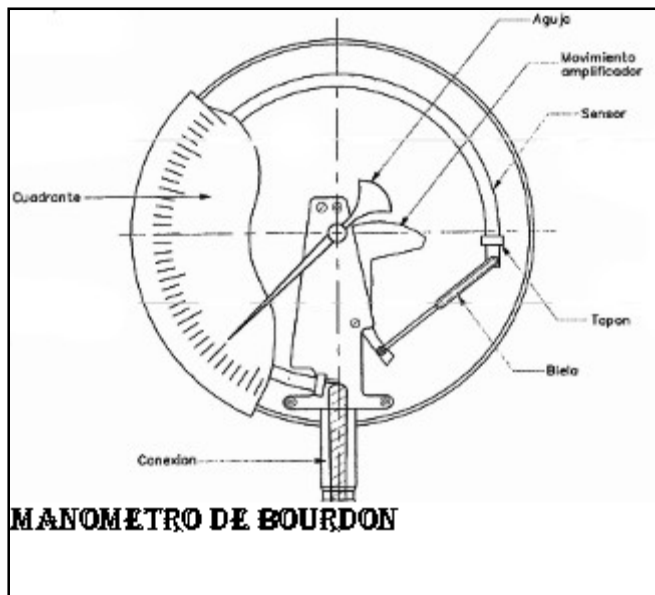
distinta de calcularla esta expresión tiene el mismo significado que su forma más básica de cálculo. El grado API al cual hace referencia la ecuación anterior, es un valor que se le asigna a los aceites según la norma internacional API (American Petroleum Institute), la cual depende de cuan ligero o pesado es un aceite (incluyendo a los aceites combustibles o fuel oils). Existen otras formas de expresar la densidad relativa de los fluidos, pero sólo se va a hacer énfasis en una más que es la que generalmente se usa para los gases,

Para gases,  $\rho_{rel} = \frac{R_{gas}}{R_{aire}}$ , donde R es la llamada constante de los gases.

**Presión:**

Como definición, presión es la fuerza que se ejerce sobre una superficie partida por el área geométrica que ella posee. La presión de un fluido se mide mediante instrumentos llamados manómetros (PI, por sus siglas en ingles Pressuere Indicador) los manómetros como su nombre lo dice miden la presión manométrica a la cual se encuentra en ese momento el fluido.

Las presiones generalmente se miden en: presión absoluta, la cual toma en cuenta la presión atmosférica reinante; la presión manométrica la cual descuenta el valor de la presión atmosférica y la presión de vacío, la cual hace referencia a las presiones por debajo de la atmosférica (depresiones o presiones de vacío).



[Figura 1.19 Manómetro de Bourdon.](#)

### **ECUACIÓN DE BERNOULLI:**

La ecuación de Bernoulli, no es más que una adaptación de la primera ley de la termodinámica a fluidos incompresibles (llámese incompresible a aquel fluido en donde no se aprecian variaciones importantes en las propiedades del mismo con la variación de presión, son ejemplos de fluidos incompresibles los aceites hidráulicos, el aire hasta ciertas presiones, así como el agua hasta ciertos valores de temperatura), tal ecuación hace uso del principio de conservación de la energía, la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma.

Matemáticamente la ecuación de Bernoulli se puede escribir:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_{\text{sistema}} - H_{r,1-2} = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2, \text{ en donde}$$

$\frac{P_1}{\gamma_1}$ , es la altura de presión del fluido en el punto uno (1), es decir es la energía por unidad de peso del fluido que presenta en ese punto debido a su propia presión  $P_1$ .

$\frac{V_1^2}{2g}$ , es la altura de velocidad que exhibe el fluido debido a su velocidad  $V_1$ , dicho de otra manera es la energía cinética del fluido dividida entre el peso del fluido.

$Z_1$ , es la altura geodésica a la que físicamente se encuentra el fluido en el punto 1, mejor dicho el cociente de la energía potencial gravitatoria del fluido en cuestión y su propio peso.

$H_{\text{sistema}}$ , es la altura del sistema, es decir la energía que se le es entregada al fluido por unidad de peso del mismo entre los puntos 1 y 2, como por ejemplo la energía que le suministra una bomba a un flujo de agua que pasa por ella.

$H_{r,1-2}$ , es la energía perdida por unidad de peso del fluido en su paso de 1 hasta 2, o como es conocido mejor a nivel ingenieril las pérdidas de carga del fluido.

## **TIPOS DE MANTENIMIENTOS A EQUIPOS.**

Mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costes de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

Además se debe agregar que el mantenimiento preventivo en general se ocupa de la determinación de las condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo, este tipo de mantenimiento nos ayuda en reducir los tiempos que pueden generarse por mantenimiento correctivo.

#### Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

Se trata de realizar ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, etc.

El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo: cambiar o reparar la máquina en una parada cercana, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos, etc.

#### Mantenimiento correctivo

Acción de carácter puntual a raíz del uso, agotamiento de la vida útil u otros factores externos, de componentes, partes, piezas, materiales y en general, de elementos que constituyen la infraestructura o planta física, permitiendo su recuperación, restauración o renovación, sin agregarle valor al establecimiento. Es la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada.

## DESARROLLO DE CALCULOS

### **Diseño de Horno de Crisol Basculante:**

El combustible a utilizar es el Biodiésel de tempate, el cual según ficha técnica tiene las siguientes características.

$$\rho_{fuel} = 879 \text{ Kg} / m^3$$

$$\nu_{fuel} = 4.840 \text{ cStokes}; \text{Viscosidad cinemática del combustible}$$

$$HHV_{fuel} = 41,000 \text{ KJ} / \text{Kg}; \text{Alto poder calorífico del combustible (High Heating Value).}$$

Punto de inflamación: 192 °C a como se puede apreciar en el brochure del biodiesel de la semilla de tempate (ANEXO A-18).

Se deben de fundir 2500 Kg. de Aluminio en dos tandas iguales de 1,250 Kg.

A continuación se destacan algunas características del material (aluminio)

$$\rho_{Al.} = 2,700 \text{ Kg} / m^3$$

$$T^{\circ} \text{ fusión } = 660^{\circ} C$$

$$Cp_{Al.} = 0.896 \text{ KJ} / \text{Kg}^{\circ} K$$

$$\text{Calor de fusión del aluminio } \Delta h_{s,f,Al.} = 397 \text{ KJ} / \text{Kg}$$

$$T^{\circ} \text{ ebullición }_{Al.} = 2,500^{\circ} C$$

### **Teoría de la combustión:**

Como se sabe, el Biodiésel se asemeja mucho al Diesel (derivado del petróleo), el cual para considerarse como un combustible de buena ignición por compresión debe de tener un índice de cetano cercano a la unidad; si el cetano ( $C_{16}H_{34}$ ) tuviese la misma ecuación química que el Biodiésel del tempate (EMAT), para la quema teórica (estequiométrica) del bio-combustible se tiene:



Luego balanceando la ecuación 2.1:

Donde, w, x, z e y son coeficientes arbitrarios que se escogieron para representar los moles de los elementos compuestos que preceden, es decir que w son los moles de aire ambiental que se deben de añadir al combustible para poder oxidarlo por completo (quema estequiométrica), y de la misma manera los coeficientes x, z e y los cuales son el número de moles de los productos de la combustión.

$$\text{C: } 16=x$$

$$\text{H: } 34=2y; y=17$$

$$\text{O: } 2w=2x+y; 2w=2(16)+17; w=24.5$$

$N_2$ :  $3.76w=z$ ;  $z=92.12$ ; recordando que el balance se hace considerando la ley de conservación de la masa, es decir

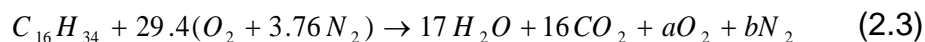
Luego se tiene:



Como se puede apreciar en esta ecuación química los resultados (gases producto) son el gas carbónico (dióxido de carbono), el vapor de agua y el Nitrógeno biatómico (ambiental), o dicho de otra manera, todos los elementos principales del combustible (Carbono e Hidrógeno) se oxidan al reaccionar con el aire ambiental compuesto por Oxígeno y Nitrógeno ambiental, además, se toma como cierta la suposición que el Nitrógeno biatómico presente en el aire (elemento oxidante) no reacciona con ningún elemento.

Sin embargo, esta es la quema del combustible sin exceso de aire de alimentación, sin embargo para poder alimentar el horno se debe de alimentar con exceso de elemento oxidante (aire).

Si se alimenta con exceso de aire del 20%, en relación a la masa de aire con respecto a la masa del combustible (fuel), se puede replantear la ecuación química como la ecuación 2.3:



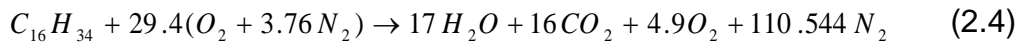
El número de moles que se le asignan al aire es igual 1.2 (exceso de aire del 20% ó 0.2) multiplicado por 24.5 moles del aire con la quema estequiométrica; luego balanceando la ecuación 3:

$$\text{C: } 16=16$$

H:  $34=34$

O:  $58.8=17+32+2a$ ;  $a=4.9$ ; en donde a y b son los coeficientes que representan los moles del oxido biatómico y el nitrógeno que no oxidan al combustible.

$N_2$ :  $110.544=b$ , con ello se puede escribir:



Una vez determinada la ecuación de la quema del combustible, se pueden determinar algunos valores de importancia para cálculos posteriores.<sup>1</sup>

$\frac{m_{gases}}{m_{aire}}$ : Relación entre la masa de gases quemados y masa de aire.

$\frac{m_{aire}}{m_{fuel}}$ : Relación entre la masa de aire y masa de combustible.

$\frac{m_{gases}}{m_{fuel}}$ : Relación entre la masa de gases quemados y masa de combustible.

$$\frac{m_{gases}}{m_{aire}} = \frac{(16 * 44) + (17 * 18) + (4.9 * 32) + (110.544 * 28)}{29.4[(2 * 16) + (3.76 * 28)]} = 1.056$$

$$\frac{m_{aire}}{m_{fuel}} = \frac{29.4[32 + (3.76 * 28)]}{[(16 * 12) + 34]} = 17.858 = A/F, \text{ se designa A/F a esta relación por sus}$$

siglas en ingles, Air to Fuel ratio (relación de aire para combustible).

$$\frac{m_{gases}}{m_{fuel}} = \frac{(16 * 44) + (17 * 18) + (4.9 * 32) + (110.544 * 28)}{[(16 * 12) + 34]} = 18.858$$

Importante: se debe de recordar que todos los coeficientes se calcularon tomando la quema del cetano como combustible, además se tomó un exceso del 20% de aire de alimentación para la quema del combustible, también no se considera que el nitrógeno presente en el aire no reacciona, es decir se comporta como un gas inerte.

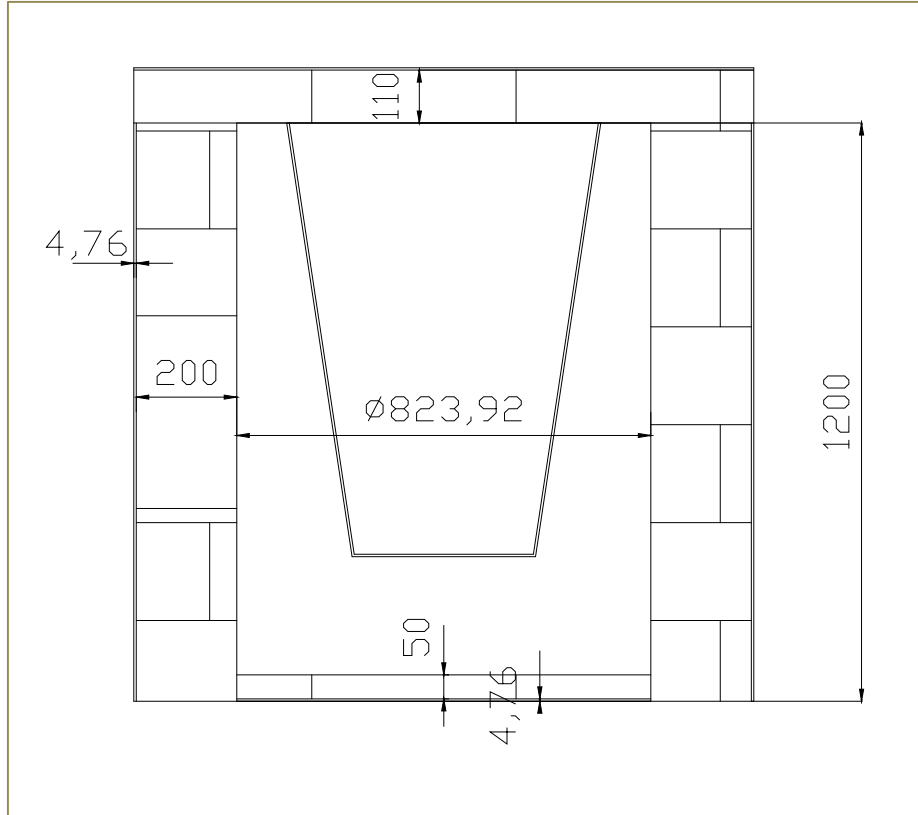
---

<sup>1</sup> El cálculo de estos valores se hace multiplicando el número de moles de los compuestos por su peso molar.



### **DIMENSIONAMIENTO DEL HORNO:**

Las dimensiones del horno fueron tomadas con criterios lógicos, tomando en cuenta las dimensiones del crisol que se consiguió (tomado de Internet, tal a como se puede apreciar en el ANEXO A-17).



[Figura 2.1 Esquema simplificado del horno de crisol basculante sin escala.](#)

### **CALCULOS DEL PESO DEL HORNO.**

Las paredes del horno están compuestas por ladrillos de chamota de 200 mm (espesor total del refractario) y 4.76 mm de chapa de acero. (ver ANEXO A-3).

$$\rho_{chamota} = 1,900 \text{ Kg}/m^3$$

$$\rho_{lamina} = 7,870 \text{ Kg}/m^3$$

$$V = \pi r^2 h \quad (2.5); \text{ volumen de un cuerpo cilíndrico.}$$

$$m = \rho * V \quad (2.6); \text{ definición general de la masa de un cuerpo.}$$

Cálculo del peso de la pared de refractario:

$$Vol_{pared,ref} = \pi * [(611.96 \times 10^{-3} m)^2 - (411.96 \times 10^{-3} m)^2] * 1.2 m$$

$$Vol_{pared,ref} = 0.772 \text{ m}^3; \quad m_{pared,ref} = 1,466.833 \text{ Kg}$$

Cálculo de la lámina que cubre la pared de chamota del horno:

$$Vol_{lamina,horno} = \pi [(616.72 \times 10^{-3} m)^2 - (611.96 \times 10^{-3} m)^2] * 1.2 m$$

$$Vol_{lamina,horno} = 0.022 \text{ m}^3; \quad m_{lamina} = 173.520 \text{ Kg}$$

Cálculo de la masa de la tapa del horno

$$Vol_{ref,tapa} = \pi (616.72 \times 10^{-3} m)^2 * 110 \times 10^{-3} m$$

$$Vol_{ref,tapa} = 0.134 \text{ m}^3; \quad m_{ref,tapa} = 249.730 \text{ Kg}$$

$$Vol_{lamina,tapa} = \pi * (616.72 \times 10^{-3} m)^2 * 4.76 \times 10^{-3} m$$

$$Vol_{lamina,tapa} = 5.6876 \times 10^{-3} \text{ m}^3; \quad m_{lamina,tapa} = 44.760 \text{ Kg}; \quad m_{tapa} = 294.490 \text{ Kg}$$

Cálculo del peso del fondo del horno:

$$Vol_{ref,fondo} = \pi (411.96 \times 10^{-3} m)^2 * 50 \times 10^{-3} m$$

$$Vol_{ref,fondo} = 0.026 \text{ m}^3; \quad m_{ref,fondo} = 50.650 \text{ Kg}$$

$$Vol_{lamina,fond} = \pi(411.96 \times 10^{-3} \text{ m})^2 * 4.76 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$Vol_{lamina,fondo} = 2.5378 \times 10^{-3} \text{ m}^3; \quad m_{lamina,fondo} = 19.973 \text{ Kg}$$

$$\text{Luego, } m_{fondo} = 70.623 \text{ Kg}$$

La masa total del horno es la sumatoria de los cálculos de los pesos (masas) previas, entonces:

$$m_{horno} = 2,005.466 \text{ Kg (Sin incluir el crisol)}$$

Cálculo de la masa del crisol.

$$Vol_{crisol} = \left(\frac{\pi}{12}\right) * (900 \times 10^{-3} \text{ m}) * \left[ \left\{ (0.701 \text{ m})^2 + (0.441 \text{ m} * 0.701 \text{ m}) + (0.441 \text{ m})^2 \right\} - \left\{ (0.615 \text{ m})^2 + (0.615 \text{ m} * 0.355 \text{ m}) + (0.355 \text{ m})^2 \right\} \right]$$

$$Vol_{crisol} = 0.064 \text{ m}^3; \quad m_{crisol} = 121.967 \text{ Kg}$$

Si la masa de la carga metálica es de 1,250 Kg, la masa total que debe de manejarse al momento de verterse el material, es de 3,377.43 Kg.

### **BALANCE TÉRMICO DE LOS FLUIDOS OPERANTES.**

Se comienza en determinar el valor total de la cantidad de calor a añadir a la carga metálica para poder lograr que esta se funda, sin tomar en cuenta perdidas de calor.

Calor para fundir la masa metálica una vez que la carga alcanzo la temperatura de fusión.

$$Q_{latente,fundir,Al.} = m_{Al.} * \Delta h_{s,f,Al.} \quad (2.7)$$

$$Q_{latente,fundir,Al.} = 1,250 \text{ Kg} * 397 \text{ KJ / Kg} = 496,250 \text{ KJ}$$

Donde,  $Q_{latente, fundir, Al.}$  es el calor que se le debe de transmitir a la carga metálica para poder hacer que pase de su fase solida hasta su fase líquida.

$m_{Al.}$ , es la masa de carga metálica que se debe de fundir, el cual es de 1,250Kg.

$\Delta h_{s,f, Al.}$ , es el calor por unidad de masa de la carga metálica necesario para llevar el material a su fase líquida, de tablas se puede apreciar que este valor es de 397KJ/Kg (ANEXO A-6).

Calor necesario para elevar la temperatura de la carga metálica desde la  $T^0$  de entrada al horno hasta la temperatura de fusión.

$$Q_{0-fusion, Al.} = m_{Al.} * Cp_{Al.} * (T_{fusion} - T_{entrada, carga}) \quad (2.8)$$

Donde  $Cp_{Al.}$ ; es el calor específico de la carga metálica;  $T_{fusion}$ , Temperatura de fusión del aluminio y  $T_{entrada}$ ; Temperatura de entrada del material a fundir al Horno.

De las tablas de Frank Incropera (ANEXO A-8), se obtiene Cp:

$$Cp_{Al.} = 1.041 \text{ KJ} / \text{Kg}^{\circ} K$$

$$T_{fusion} = 660^{\circ} C$$

$$T_{entrada, carga} = 30^{\circ} C$$

$$Q_{0-fusion, Al.} = 1,250 \text{Kg} * 1.04184 \text{KJ} / \text{Kg} * (660 - 30)^{\circ} K$$

$$Q_{0-fusion, Al.} = 820,449 \text{ KJ}$$

Calor necesario para elevar la temperatura de la carga metálica desde el punto de fusión hasta la temperatura de vertido.

$$Q_{fusion-vertido, Al.} = m_{Al.} * Cp_{Al. vertido} * (T_{vertido} - T_{fusion}) \quad (2.9)$$

$$Q_{fusion-vertido, Al.} = 1,250 \text{Kg} * 1.146 \text{KJ} / \text{Kg}^{\circ} K * (800 - 660)^{\circ} K$$

$$Q_{fusion-vertido, Al.} = 200,550 \text{ KJ}$$

Donde,  $T_{\text{vertido}}$  es la temperatura de vertido del material, la cual es de 800°C según tabla extraída de material de hornos de cuba Cubano (ANEXO A-28).

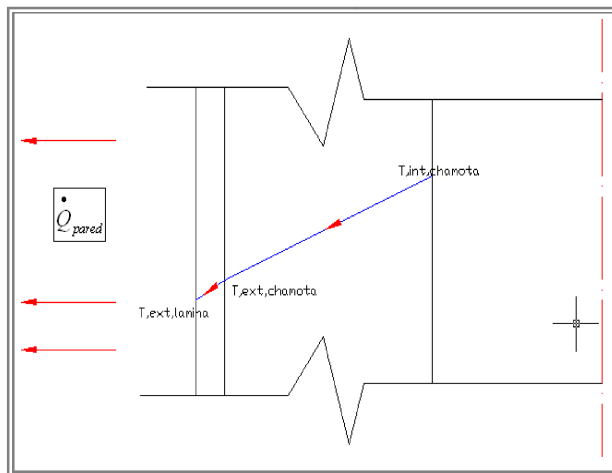
Calor necesario para fundir el metal<sup>2</sup>:

$$Q_{\text{fundir, Al.}} = (496,250 + 820,449 + 200,550) \text{ KJ}$$

$$Q_{\text{fundir, Al.}} = 1,517,249 \text{ KJ}$$

## **CÁLCULOS PARA LAS PERDIDAS CALORIFICAS POR LAS PAREDES DEL HORNO:**

[Figura 2.2 Transferencia de calor a través de las paredes del horno.](#)



En general, la transferencia de calor se puede determinar por la expresión:

$$\dot{Q}_{\text{paredes}} = \frac{\Delta T}{\sum R_t}, \quad (2.10), \quad \text{donde el}$$

numerador de la expresión es el gradiente de temperatura desde el ladrillo de chamota hasta la temperatura exterior de la lamina metálica que cubre el horno y el denominador son la sumatoria de las

resistencias térmicas desde los mismos dos puntos descritos anteriormente.

El gradiente de temperatura  $\Delta T$  que se mostró en la ecuación anterior, se refiere a la diferencia de potencial térmico que ofrece el sistema, el cual no se conoce a ciencia cierta, pues para que esto sea posible se tendría que conocer exactamente la temperatura de los gases quemados dentro del horno, que formarían la temperatura del hogar, pues para poder hacerlo se debe de aproximar por

<sup>2</sup> Este calor al que se hace alusión es al que teóricamente debería de manejar el quemador para fundir la carga sin pérdidas caloríficas, es la suma de los calores para fundir la mas metálica, el calor para elevar la temperatura de carga hasta el punto de fusión y el que se necesita para elevar la temperatura de la carga hasta el punto de vertido.

métodos de la termodinámica física conociendo lo que en esa rama de la termodinámica se denomina entalpía de formación, pero la literatura disponible no hace referencia a esta propiedad del fuel. Por este motivo se hicieron iteraciones para poder determinar la cantidad de calor que se fuga por las paredes y por los gases de escape producto de la combustión.

$$T_{int, chamota} = 400^{\circ} C$$

$$T_{ext, chamota} = 150^{\circ} C$$

$$T_{prom, chamota} = 275^{\circ} C$$

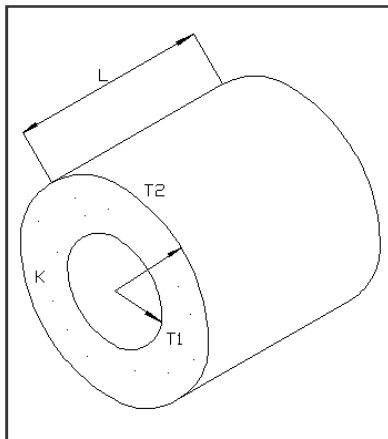
$$T_{int, lamina} = 150^{\circ} C$$

$$T_{ext, lamina} = 80^{\circ} C$$

$$T_{prom, lamina} = 115^{\circ} C$$

Para la transferencia de calor para una pared cilíndrica se tiene:

[Figura 2.3 Transferencia de calor por conducción en una pared cilíndrica](#)



$$\dot{Q}_{pared, cilind, cond} = \frac{2\pi * k * L * \Delta T}{Ln(r2 / r1)}, \quad (2.11) \text{ si hacemos una}$$

analogía entre la corriente eléctrica (flujo de electrones) al flujo de calor, siendo  $V=I*R$ ;  $I=V/R$  (2.12), donde  $V$  es el voltaje o diferencia de potencial (donde los electrones se mueven de un mayor a un menor potencial) y  $R$  es la resistencia al paso de los electrones por parte del conductor, entonces se puede tomar que análogamente la diferencia de potencial  $\Delta V$  es la diferencia de temperaturas, pues

se maneja que el calor se transmite gracias a la diferencia de temperaturas entre dos cuerpos, como el flujo de calor es análogo a la corriente eléctrica, entonces

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{Rt}, \text{ donde } Rt = \frac{Ln(r2 / r1)}{2\pi * K * L} \quad (2.13)$$

Con ayuda de las tablas de transferencia de calor, se pueden determinar los valores de las conductividades térmicas K, de la chamota y de la lámina metálica.

#### Para la chamota:

Se conoce que  $K_{chamota} = 0.84 W / m^{\circ} K + 0.0006 T$ , con  $T = [^{\circ}C]$ , tomado de tabla en el ANEXO A-9.

#### Para la lámina metálica:

Se tomó que la temperatura promedio de la lámina es de  $115^{\circ}C$  y la conductividad térmica es de  $71.4738 W/m^{\circ}K$ . (tomado de tablas de Procesos de transferencia de calor por Frank Incropera)

Luego se puede calcular el calor que se escapa por las paredes del horno.

$$\dot{Q}_{paredes} = \frac{(T_{int, chamota} - T_{ext, lamina})}{\sum R_t} \quad (2.14)$$

$$R_{t_1} = \frac{Ln(611.96 / 411.96)}{2\pi * (1.005 W / m^{\circ} K) * 1.2m} = 0.052^{\circ} K / W \quad (2.15)$$

$$R_{t_2} = \frac{Ln(616.72 / 611.96)}{2\pi * (71.4738 W / m^{\circ} K) * 1.2m} = 1.4378 \times 10^{-5}^{\circ} K / W \quad (2.16)$$

$$\dot{Q}_{paredes} = \frac{(400 - 80)^{\circ} K}{(0.05222 + 1.4378 \times 10^{-5})^{\circ} K / W} = 6.127 KW$$

Se toma que la fusión del metal debe de ser de 4 horas de duración (14,400 segundos), luego, el calor neto perdido por las paredes durante la fusión debe de ser:

$Q_{paredes} = \dot{Q}_{paredes} t_{fusión}$ , (2.17) donde  $Q_{paredes}$ , es calor neto transmitido al medio ambiente por las paredes del horno y  $t_{fusión}$ , es el tiempo de duración de la fusión.

$$Q_{paredes} = 6,125.6 W * 14,400 s = 88,208,640 J = 88,208.64 KJ$$

Ahora sólo falta determinar el tercer y último de los 3 focos de calor que se consideran de mayor importancia en el diseño del horno.

Como se dijo con anterioridad se tuvieron que hacer suposiciones, haciendo iteraciones, las cuales basamos en que alrededor de 1,000,000 KJ se pierden a

causa de los gases quemados y con temperatura de gases quemados de 700°C, si esto es cierto, se puede considerar que:

$$\dot{Q}_{gases} = \dot{m}_{gases} * Cp_{gases} * (T_{salida,gas} - T_{entrada,gas}) \quad (2.18)$$

Sin embargo, para poder obtener el valor del calor específico a presión constante de los gases, se debe de conocer la relación entre las masas de cada elemento particular y la masa total de ellos, como no sabemos este valor directo, pues no hemos quemado aún el combustible directamente en el horno de crisol que se está proyectando y no se ha analizado con un analizador de gases para calcular su composición química, se pueden obtener estos valores provenientes de la ecuación (2.4) química de los productos resultados.

John Dalton propone: las propiedades de los gases (mezclas) son directamente proporcionales a la suma de los cocientes de las relaciones de masa de cada elemento que compone la mezcla y que cada elemento dentro de tal mezcla se haya a una presión particular, la cual depende de la relación de volúmenes de los participantes al volumen total de ella; siempre que la temperatura de los gases sea la misma.

Luego se puede decir que,

$$Cp_{gases} = \frac{Cp_{H_2O} * m_{H_2O}}{m_{gases}} + \frac{Cp_{CO_2} * m_{CO_2}}{m_{gases}} + \frac{Cp_{O_2} * m_{O_2}}{m_{gases}} + \frac{Cp_{N_2} * m_{N_2}}{m_{gases}} \quad (2.19)$$

Como la ecuación química (2.4) que se propuso para la quema del Biodiésel es



Con ello se tiene<sup>3</sup>,

$$\frac{m_{H_2O}}{m_{gases}} = \frac{17(18)}{[(17 * 18) + (16 * 44) + (4.9 * 32) + (110.544 * 28)]} = 0.072$$

$$\frac{m_{CO_2}}{m_{gases}} = \frac{(16 * 44)}{[(17 * 18) + (16 * 44) + (4.9 * 32) + (110.544 * 28)]} = 0.165$$

---

<sup>3</sup> Estas relaciones se hacen dividiendo el producto de la masa molar de cada elemento por el número de moles de tal elemento particular, es decir el peso del elemento en cuestión y dividiéndolo por la suma de los pesos particulares de los demás gases de humeral.



$$\frac{m_{O_2}}{m_{gases}} = \frac{(4.9 * 32)}{[(17 * 18) + (16 * 44) + (4.9 * 32) + (110.544 * 28)]} = 0.037$$

$$\frac{m_{N_2}}{m_{gases}} = \frac{(110.544 * 28)}{[(17 * 18) + (16 * 44) + (4.9 * 32) + (110.544 * 28)]} = 0.726$$

A la temperatura de los gases quemados, se obtienen los siguientes valores (tomados de las tablas de Frank Incropera y ajustados a modelos de regresión para poder hacer las iteraciones, ANEXO A-14)

$$Cp_{H_2O} = 2.268 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ; \quad Cp_{H_2O} = 9 \times 10^{-7} T^2 - 0.0003T + 2.037 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ;$$

Con  $T = [^\circ C] ; R^2 = 0.947$

$$Cp_{CO_2} = 1.2175 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ; \quad Cp_{CO_2} = 5 \times 10^{-7} T^2 + 0.0009T + 0.8325 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ;$$

Con  $T = [^\circ C] ; R^2 = 0.998$

$$Cp_{O_2} = 1.0537 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ; \quad Cp_{O_2} = 0.0002 T + 0.9137 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ;$$

Con  $T = [^\circ C] ; R^2 = 0.989$

$$Cp_{N_2} = 1.149 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ; \quad Cp_{N_2} = 0.0002 T + 1.009 \text{ KJ / Kg } ^\circ K ;$$

con  $T = [^\circ C] ; R^2 = 0.988$

Los modelos matemáticos que se proponen se hicieron con el fin de poder hacer iteraciones rápidas con la variación de la temperatura de los fluidos.

Con ello el Cp de los gases,

$$Cp_{gases} = 1.2378 \text{ KJ / Kg } ^\circ K$$

Si el calor perdido por los gases de combustión es de 1,000,000 KJ entonces, si se sustituye en la ecuación (2.19),

$1,000,000 \text{ KJ} = m_{gases} * 1.2378 \text{ KJ / Kg } ^\circ K * (700 - 25) ^\circ K$  , Entonces la masa de los gases, se puede obtener despejando la ecuación:

$$m_{gases} = 1,1196.87 \text{ Kg}$$

La manera en la que se puede comprobar que este valor es acertado, es a como sigue:

$$\text{Si el } Q_{total, fundir} = m_{fuel} * HHV \quad (2.20)$$

Siendo HHV= 41,000 KJ/Kg( ver ANEXO A-18)

Tomando que el calor que se pierde por los gases  $Q_{gases} = 1 \times 10^6 \text{ KJ}$

$$Q_{total, fundir} = (Q_{fundir, Al.} + Q_{paredes} + Q_{gases}) \quad (2.21), \text{ despejando,}$$

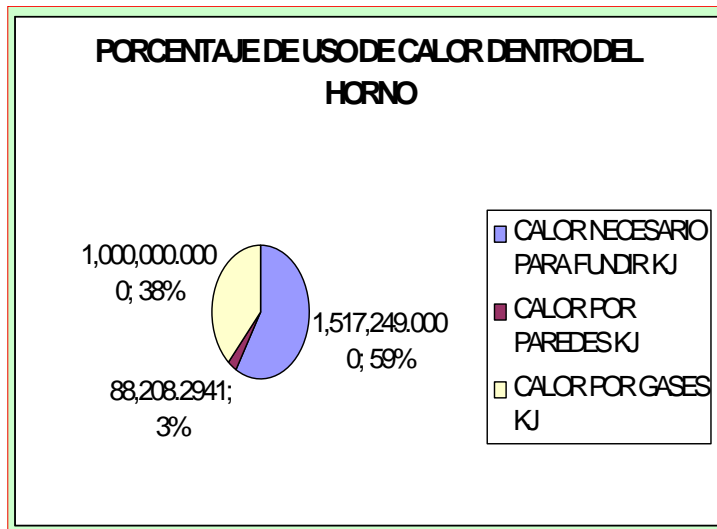
$$Q_{total, fundir} = 2,605,457.294 \text{ KJ}$$

$$\text{Entonces: } 2,605,457.294 \text{ KJ} = m_{fuel} * 41,000 \text{ KJ} / \text{Kg}$$

$m_{fuel} = 63.547 \text{ Kg}$ ; Si recordamos el valor que se obtuvo anteriormente de la relación masa de gases y de masa de combustible es:

$$\frac{m_{gases}}{m_{fuel}} = 18.585 ; \text{ entonces } 18.585 = \frac{m_{gases}}{63.5477 \text{ Kg}}, \text{ despejando la masa de los gases,}$$

$$m_{gases} = 1,181.034 \text{ Kg}$$



Este último valor comparado con el valor obtenido anteriormente (de la masa de los gases quemados) nos arroja un error relativo del 2%, luego por ello se considera una buena iteración.

[Figura 2.4 Rendimiento térmico del horno proyectado.](#)

Con estos valores se hace un diagrama de consumo de energía, en donde se puede apreciar que el

horno tiene un rendimiento de 59% y que los gases quemados que se escapan del horno representan un 38% de tal consumo energético.

Como ya se tienen los valores del calor que debe de manejar el quemador para el horno, se puede encontrar el caudal del combustible, que a su vez es un parámetro para la selección del quemador.

Como resultado de la ecuación (13) se sabe que se queman 63.547 Kg de combustible durante toda la quema, si el horno trabaja bajo un régimen permanente,

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{63.5477Kg}{4Hrs} = 15.8869Kg/h = 4.413 \times 10^{-3} Kg/s \text{ (ecuacion 2.22)}$$

$$\text{Si } \dot{m}_{fuel} = \rho_{fuel} * \dot{V}_{fuel} \text{ (ecuacion 2.23)}$$

Siendo  $\dot{V}_{fuel}$  el caudal del combustible para abastecer al quemador, luego despejando el flujo volumétrico (caudal), se tiene:

$$\dot{V}_{fuel} = \frac{15.8869Kg/h}{879Kg/m^3} = 0.01807m^3/h \cong 4.7746 \text{ gl/h}, \text{ se puede deducir que el total de}$$

combustible a usar es de 19.098 gl.

Si el régimen de trabajo además de ser permanente no es transitorio, se puede

$$\text{decir que } A/F = \frac{m_{aire}}{m_{fuel}} = \frac{\dot{m}_{aire}}{\dot{m}_{fuel}} = 17.858 \text{ (ecuacion 2.24)}, \text{ si se despeja el flujo másico}$$

de aire, se tiene que:

$\dot{m}_{aire} = 283.716 Kg/h$ , si la densidad del aire de de  $1.145 Kg/m^3$ , entonces el caudal de aire se puede calcular de manera similar a como se cálculo el caudal de

$$\text{combustible, siendo } \dot{V}_{aire} = \frac{283.7162Kg/h}{1.145Kg/m^3} = 247.787 m^3/h = 146 CFM$$

Haciendo un cuadro resumen, se tiene:

Flujo de combustible	Caudal del fuel	Flujo de aire	Caudal del aire
$4.413 \times 10^{-3} Kg/s$	$0.01807m^3/h$ ; 4.7746GPH	283.7162Kg/h	$247.787m^3/h$ ; 146CFM

[Tabla 2.1 Flujos de fluidos operantes en el sistema de alimentación del horno.](#)

## SELECCIÓN DEL QUEMADOR

Haciendo uso de información de quemadores de la marca HAUCK ([www.hauckburner.com](http://www.hauckburner.com)) con las siguientes características:

<b>780 SERIES SELF-PROPORTIONING OIL BURNERS</b>								
<b>BURNER CAPACITIES</b>								
<b>Operating With Air Shutters Closed (Sealed-in)</b>								
<b>Burner Size</b>	<b>779</b>	<b>780</b>	<b>781</b>	<b>782</b>	<b>783</b>	<b>784</b>	<b>785</b>	<b>786</b>
Air Inlet	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	6"	8"
Oil Inlet Size	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"
<b>16 psi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	34	66	123	210	298	660	910	1620
Oil Max. (GPH)	1.5	2.9	5.4	9.2	13	29	40	71
Oil Min. (GPH)	0.75	1	1.1	1.1	3.1	6.2	11.1	16.7
<b>20 psi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	38	74	138	235	334	739	1019	1814
Oil Max. (GPH)	1.7	3.3	6	10.3	14.7	32.5	44.8	79.7
Oil Min. (GPH)	0.75	1	1.2	1.3	3.5	6.9	12.4	18.7
<b>24 psi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	42	81	151	257	365	809	1115	1985
Oil Max. (GPH)	1.8	3.6	6.6	11.3	16	35.6	49	87.3
Oil Min. (GPH)	0.75	1	1.3	1.4	3.9	7.6	13.6	20.5
<b>32 psi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	48	93	173	296	420	931	1283	2284
Oil Max. (GPH)	2.1	4.1	7.6	13	18.5	40.9	56.4	100.4
Oil Min. (GPH)	0.75	1.1	1.5	1.6	4.4	8.7	15.6	23.6

Tabla 2.2  
Características del quemador a diferentes regímenes de trabajo.

En la tabla 2.2 se puede ver que la acometida (alimentación) de aire es con tubería de 2"NPS ( ext.60.325mm, int.52.5018mm) (ANEXO A-4) y que la acometida de combustible es de 3/8"NPS ( ext.17.145mm, int.12.5222mm), se toman de cedula 40 (tubería de acero al carbón comercial)

Según la información que brindan en manuales de fabricante de este tipo de quemadores, se tomaron los siguientes parámetros:

Presión de llegada del aire para el quemador: 32psig

Presión de llegada del combustible al quemador: 32psig

Presión de salida de los gases quemados inmediatamente después del quemador: 10psig (ver ANEXO A-25, para ver las propiedades del quemador)

El combustible no se necesita de precalentar

El quemador que se escoge es el del modelo 781 trabajando a una presión de aire de 32 psig.

Si bien este quemador está diseñado para todo tipo de fuel oils (según ficha técnica ANEXO A-25), se debe de justificar el uso de Biodiésel de tempate con este equipo,

Analizando algunas de las propiedades de aceites combustibles en la tabla 2.3,

Tabla 2.3 Especificaciones de los fuel oils Tomado de la tabla VIII, pagina 105 Energía mediante vapor, aire o gas por W.H.Severns.

ESPECIFICACIONES DEL FUEL-OIL			
<i>Combustible (fuel)</i>	<i>Índice de Cetano</i>	<i>Viscosidad en Segundos Saybolt Universal @37.80°C</i>	<i>Densidad API</i>
Aceite para hornos, tipo medio, marca Sun Oil	-	28-34	34-39
Diesel oil tipo ligero marca Sun Oil	-	42	27-32
Phillips PET N° 2	-	-	30-32
Phillips PET N° 3	-	70	26-32
Super flame Sinclair:			
250	50	33	34-38
355	50	35	36-39
Winter 355	50	33	37-40
Diesel Union Oil	56	41	32.5
Servicio Urbano:			
Mass N° 2	-	-	-

Mass Nº 3	-	70	-
Diesel Especial Tulsa Nº 3	49	35	36.5
Diesel Especial Tulsa Nº 1	55	35	39.6
Diesel Especial Tulsa Nº 2	57	44	34.9
Diesel Especial Filadelfia Nº 3	-	-	28-34
Diesel Especial Filadelfia Nº 1	-	-	35-40
Diesel Especial Filadelfia Nº 2	-	-	32-38

[Continuación de la tabla 2.3](#)

Se puede ver que los fuel oils número 2 y número 3 son los que más se asemejan al combustible proyectado. Para poder visualizar esta semejanza es necesario dar a conocer algunos aspectos y tablas de interés.

En referencia a lo mencionado se tiene que:

$$\rho_{fuel\,oils}^{rel} = \frac{141.5}{131.5 + \text{gradosAPI}} (\text{ecuacion 2.25}), \text{ donde los grados API, también se}$$

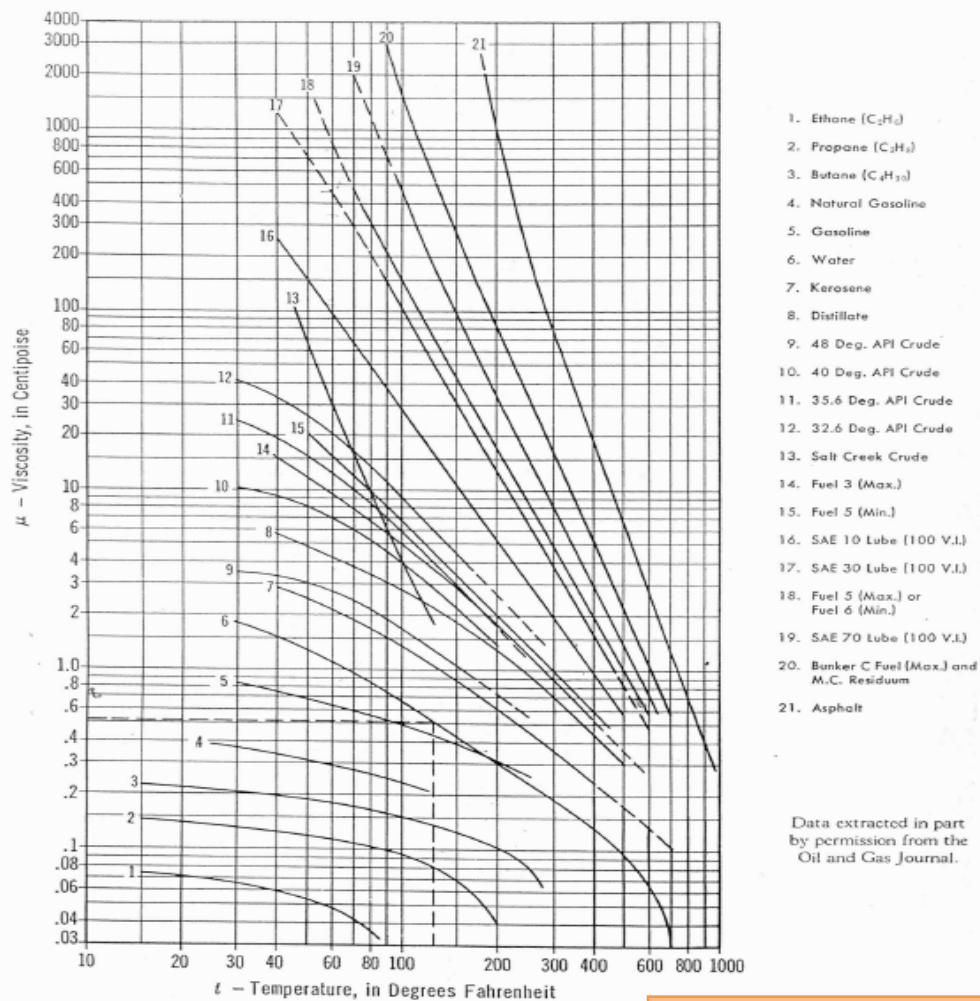
conocen como densidad API, luego si la densidad relativa del combustible proyectado es de 0.879 (recordando que la densidad relativa es el cociente de la relación de la densidad del fluido y la densidad del agua a temperatura ambiente, la cual se toma como 1,000 Kgm/m<sup>3</sup>), los grados API de un combustible (proveniente del petróleo) similar al combustible proyectado debe de ser 30 (aproximadamente), dicho requisito lo llenan el combustible Phillips PET Nº2, Phillips PET Nº3, Diesel Especial Tulsa Nº2 y Diesel Especial Filadelfia Nº2.

Tabla 2.4 Tabla de conversión de viscosidades Tomado de Flujo de Fluidos CRANE página B-4 (fragmento: la tabla completa se aprecia en ANEXO A-15).

Equivalente de la Viscosidad Cinemática y Viscosidad Universal Saybolt		
Viscosidad Cinemática[cSt]	Equivalente en segundos Saybolt Universales	
	@ 100°F	@ 210°F
1.83	32.01	32.23
2.00	32.62	32.85
4.00	39.14	39.41
6.00	45.56	45.88
8.00	52.09	52.45
10.00	58.91	59.32
15.00	77.39	77.93
20.00	97.77	98.45
25.00	119.30	120.10
30.00	141.30	142.30
35.00	163.70	164.90
40.00	186.30	187.60
45.00	209.10	210.50

Como se puede apreciar en la tabla 2.4, los datos sombreados nos dicen que la viscosidad SAYBOLT de un combustible similar al del bio-combustible seleccionado para el diseño del horno de crisol, debe de ser de aproximadamente 40, además en la figura 2.4 podemos apreciar que tales condiciones de viscosidad cinemática las puede cumplir el fuel oil número 3. Esto ratifica la similitud entre los aceites combustibles número 3 y 2, cuando se compararon con los grados API correspondientes. Es decir que si se debe quemar un combustible distinto al bio-combustible planeado, los fuel oils 3 y 2 pueden ser tomados como una solución.

### Viscosity of Water and Liquid Petroleum Products<sup>8, 12, 23</sup>



Example: The viscosity of water at 125 F is 0.63 centipoise (Curve No. 6).

Tomado de Flujo de Fluidos  
CRANE, página A-3

Figura 2.5  
Viscosidad  
del agua y  
productos  
líquidos  
derivados  
del petróleo



## **SELECCIÓN DE COMPRESOR DE AIRE**

Tal a como se plantea en la tabla 2.1 el caudal de combustible es de 4.776 GPH y el caudal de aire es de 146 CFM, ambos con una presión de 32 psig a la entrada del quemador. Para la selección de los dos equipos para trasegar estos fluidos se hará uso de equipos de regulación de presión porque las presiones de trabajo del quemador son relativamente pequeñas en comparación con las que ofrecen las maquinas de trasiego comercial.

### **Selección de ventilador (compresor de aire).**



Si se hace uso de la hoja técnica del compresor centrífugo de la marca S&P, tal a como muestra la figura

En las curvas características del modelo de compresor se puede aproximar que la altura de carga es de aproximadamente de 60m de columna de H<sub>2</sub>O @ 250 m<sup>3</sup>/hr, luego haciendo la conversión de metros de columna de H<sub>2</sub>O a PSI, se tiene que

60 m.c.d.a= 85.442PSI, además si la presión de entrada al compresor es la presión atmosférica, la presión de descarga es de

85.442PSIG, es decir 53.442 PSI por encima de la descarga esperada o deseada para el quemador.

[Figura 2.6 Fotografía de modelo de compresor centrífugo.](#)

Tabla 2.5 Características de los ventiladores de la marca S&P

Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Intensidad máxima (A)			Caudal descarga libre m <sup>3</sup> /hr	Nivel Sonoro dB(A) <sup>1</sup>	Peso aprox. Kg
			440	220	127			
CSB-300	3450	1/4	-	-	6.2	300	71	13
CSB-400	3455	1/2	-	-	9.4	400	73	17
CST-400	3455	1/2	1.1	2.2	-	400	73	17
CSB-800	3555	3/4	-	6.3	12.3	800	75	21
CST-800	3555	3/4	1.5	3	-	800	75	21
CSB-1300	3300	1	-	8	14.7	1300	82	24
CST-1300	3300	1	1.9	3.9	-	1300	82	24
CST-2000	3560	1.5	2.4	4.8	-	2000	84	37
CST-2600	3490	3	5	10	-	2600	86	41
CST-3500	3500	5	7.4	14.8	-	3500	90	65

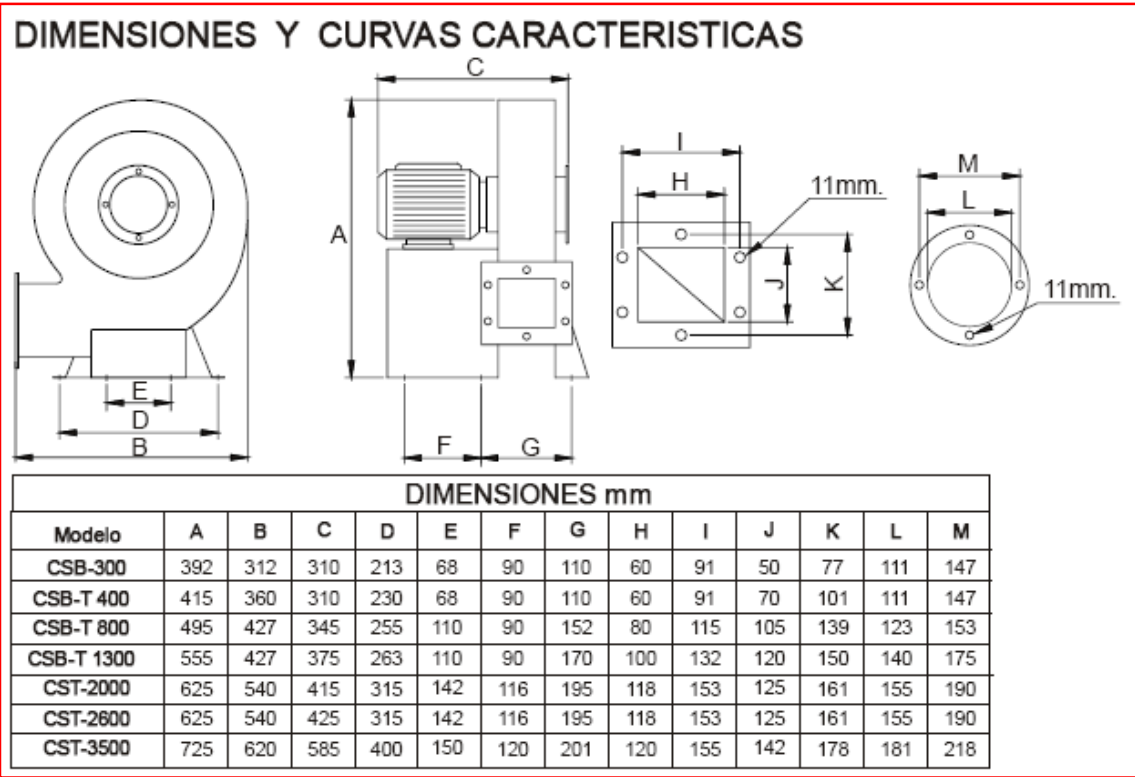
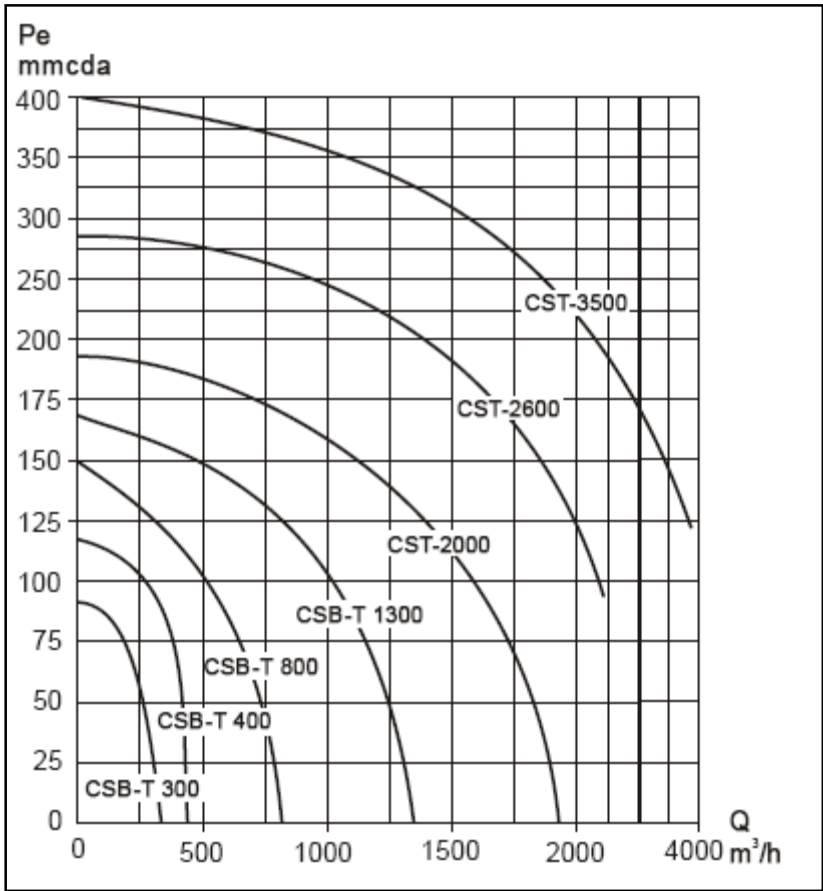


Tabla 2.6 Dimensiones de los modelos de los ventiladores de la marca S&P

Figura 2.7 Curvas características de los compresores de la marca S&P.



Aunque no se especifique en la cotización, se asumen como los puntos de operación de los ventiladores los que se muestran en la tabla 2.5.

Detalles técnicos MFR-roscas hembra (versión en latón)		Detalles técnicos MFR-EA (versión de acero inoxidable)	
Diseño	cuerpo roscado de 2 partes	Diseño	cuerpo roscado de dos partes
Conexión	rosca hembra G 3/8 to G 2	Conexiones	rosca hembra Rp 1/2 a Rp 2
Presión nominal	DIN ISO 228 T1 PN 20	Presión nominal	DIN 2999 PN 40
tamaño malla	400 µm para G 3/8 to G 1 470 µm para G 1 1/4 to G 2	Tamaño de la malla	filtro (estándar) 500 micrometros Filtro (fino) 250 micrometros
Posición de Instal.	cubierta hacia abajo verificar dirección de flujo espec.	Posición de montaje	cubierta hacia la base advertir dirección específica del flujo
<b>Materiales</b>		<b>Materiales</b>	
Cuerpo	Latón Ms 58	Cuerpo	acero inoxidable 1.4408
Cubierta	Latón Ms 58	Cubierta	acero inoxidable 1.4408
Malla	Acero Inox.	Malla	acero inoxidable 1.4301
Empaq.	Saital K	Empaquetadura	PTFE
<b>MFR-IG</b>		<b>MFR-EA</b>	
			

Figura 2.8 Datos técnicos de depurador en Y (Y-Strainer) de bronce aplicado para la acometida de aire y la de combustible (Versión de acero inoxidable).

## SELECCIÓN DE ACCESORIOS

Depurador en "Y"

COTIZACION ASISA

**Dimensiones y detalles del pedido, MFR-IG, versión de latón**  
(ejemplo: MFR-IGR10)

Tom. roscado G	Pedido no.	L mm	H mm	Weight kg
3/8	MFR-IGR 10	55	40	0.2
1/2	MFR-IGR 15	58	40	0.3
3/4	MFR-IGR 20	70	50	0.3
1	MFR-IGR 25	90	60	0.5
1 1/4	MFR-IGR 32	96	68	0.8
1 1/2	MFR-IGR 40	106	75	1.2
2	MFR-IGR 50	126	90	2.2

**MFR-EA, versión de acero inoxidable**  
(ejemplo: MFR-EAR15E)

Tom. roscado Rp	Pedido no. filtro (estandar)	Pedido no. filtro (finea)	M mm	H mm	L mm
-	-	-	-	-	-
1/2	MFR-EAR15E	MFR-EAR15D	12.5	42.5	65.0
3/4	MFR-EAR20E	MFR-EAR20D	15.5	49.0	75.0
1	MFR-EAR25E	MFR-EAR25D	18.5	57.5	90.0
1 1/4	MFR-EAR32E	MFR-EAR32D	23.0	65.0	110.0
1 1/2	MFR-EAR40E	MFR-EAR40D	26.5	74.0	120.0
2	MFR-EAR50E	MFR-EAR50D	33.5	85.0	150.0

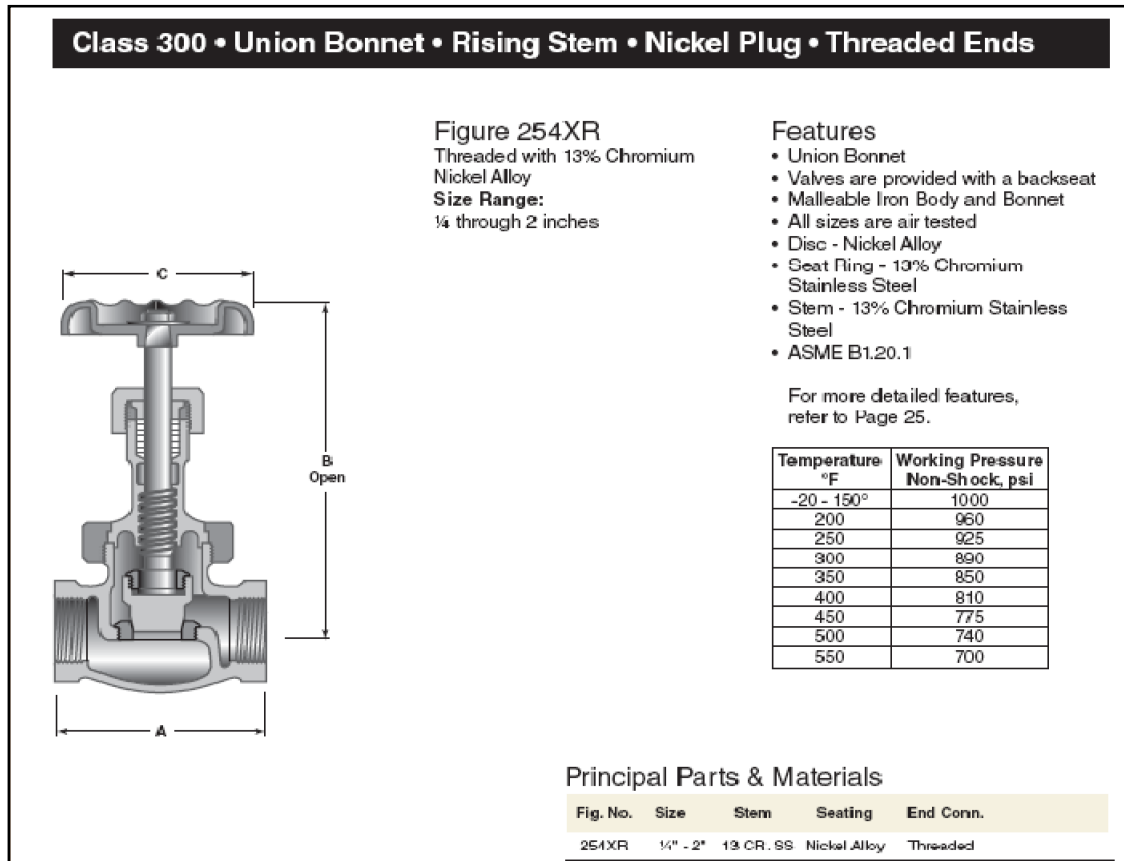
Tabla 2.7  
Dimensiones de los  
filtros en Y para las  
tuberías de aire y de  
Biodiésel (Versión de  
acero inoxidable).

Codo roscado en 90° Y45°.

Se seleccionan los codos ofertados por TUBAL, S.A. de la marca S.W (ver ANEXO A-27).

Válvulas de globo, compuerta y de retención (check).

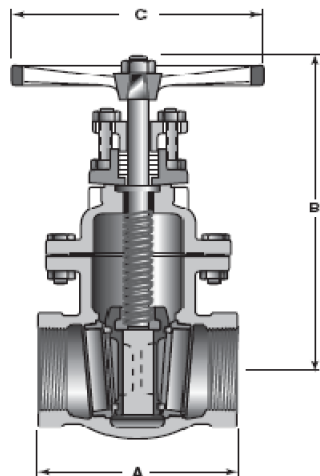
[Figura 2.9 Válvulas de globo de hierro maleable para alimentación de aire y de combustible.](#)



[Tabla 2.8 Dimensiones de las válvulas de globo para las acometidas de aire y de combustible \(cuerpo de hierro maleable\).](#)

Dimensions and Weights Inches (millimeters) - pounds (kilograms)								
Valves	¼ 6	¾ 10	½ (15)	¾ (20)	1 (25)	1 ¼ (32)	1 ½ (40)	2 (65)
A	3.62 (92)	3.62 (92)	2.80 (71)	3.31 (84)	3.90 (99)	4.41 (112)	4.92 (125)	5.98 (152)
B	5.38 (137)	5.38 (137)	5.24 (133)	5.31 (135)	6.73 (171)	7.68 (195)	8.62 (219)	9.80 (249)
C	2.56 (65)	2.56 (65)	2.56 (65)	2.75 (70)	3.06 (78)	3.62 (92)	4.06 (103)	4.75 (121)
Wt.	1.8 (0.82)	1.8 (0.82)	1.7 (0.77)	2.5 (1.13)	3.8 (1.72)	5.9 (2.68)	8.0 (3.62)	12.7 (5.76)

**Class 125 • Bolted Bonnet • Non-Rising Stem • Bronze Trim • Threaded Ends**



**Figure 460**  
Threaded with Bronze Trim  
**Size Range:**  
2 through 4 inches  
**Working Pressures Non-Shock**  
125 psi Steam, Basic Rating  
200 psi Cold Working Pressure

- Features**
- Tapered Solid Wedge Disc
  - Body Guide Ribs
  - Renewable Bronze Seat Rings
  - Stem with ACME Double Threads
  - Non-Asbestos Packing and Gaskets
  - MSS SP-70 Type 1 and MSS SP-25
  - ASME B1.20.1

For more detailed features,  
refer to Page 9.

Tomado de  
cranevalve.com

**Principal Parts & Materials**

Fig. No.	Size	Stem	Seating	End Conn.
460	2" - 4"	Bronze	Bronze	Threaded

[Figura 2.10](#)  
[Válvula de compuerta para la tubería del sistema de aire comprimido.](#)

Tabla 2.9 Dimensiones de la válvula de compuerta para la alimentación de aire comprimido

**Dimensions and Weights**  
Inches (millimeters) - pounds (kilograms)

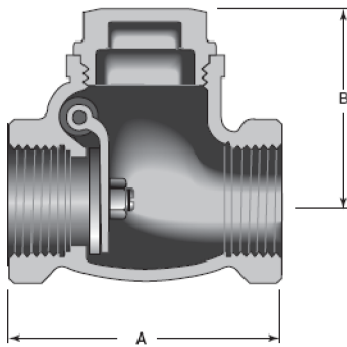
Valves	2 (50)	2 ½ (65)	3 (80)	4 (100)
A	5.38 (137)	6.62 (168)	7.00 (178)	8.00 (203)
B	11.31 (287)	12.40 (315)	13.25 (337)	16.31 (414)
C	8.00 (203)	8.00 (203)	8.00 (203)	10.00 (254)
Wt.	25 (11)	31 (14)	44 (20)	71 (32)

Figure 1707

## 1700 Series Bronze Check Valve

**CRANE**

### Class 125 • Bronze Cap • Brass/Bronze Disc • Threaded Ends



#### Features

- T-Pattern Swing Check.
- Free-to-rotate bronze disc closes in a different position on the integral seat each time it operates.
- Always install with pressure under the disc in vertical or horizontal position. An arrow cast on the body indicates the correct direction of flow.
- Threaded Ends
- MSS SP-80, Type 3

For more detailed features, refer to page 7.

#### Figure 1707

Size Range:  
¼" through 3"

#### Working Pressures Non-Shock:

125 psi Steam, Basic Rating  
200 psi Cold Working Pressure

[Figura 2.11 Válvula Anti-retorno de disco oscilante para las tuberías de aire y de biodiesel.](#)

### Principal Parts & Materials

Part	Sizes	Material	ASTM
Body	All	Bronze	B62 C83600
Cap	All	Bronze	B16 C83600
Disc	¼" - ¾"	Bronze	B16 alloy 360
Disc	1" - 3"	Bronze	B62 C83600

### Dimensions and Weights

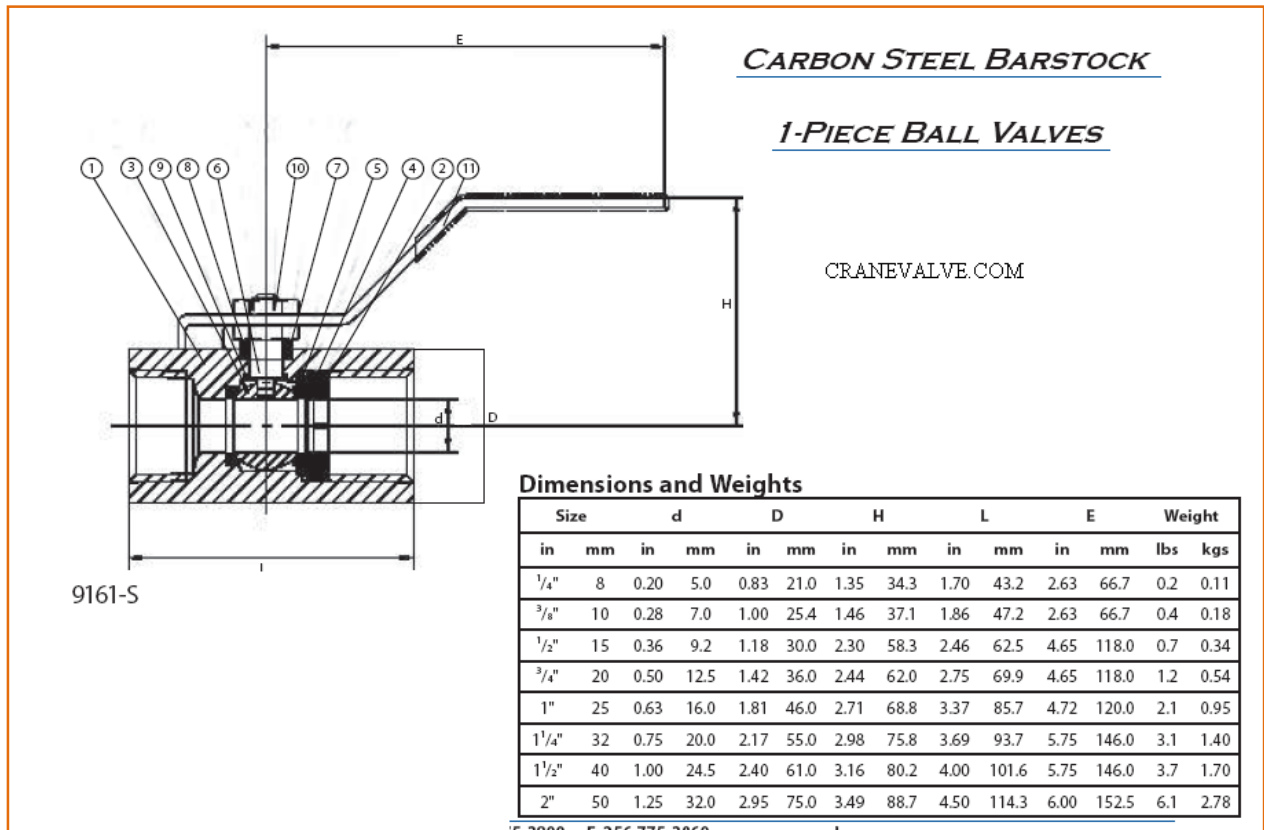
Inches (millimeters) - pounds (kilograms)

	¼ (6)	⅜ (10)	½ (15)	¾ (20)	1 (25)	1 ¼ (32)	1 ½ (40)	2 (50)	2 ½ (65)	3 (80)
A	2.12 (54)	2.12 (54)	2.60 (66)	2.76 (70)	3.27 (83)	3.78 (96)	4.25 (108)	5.04 (128)	6.30 (160)	7.08 (180)
B	1.50 (38)	1.50 (38)	1.77 (45)	1.93 (49)	2.28 (58)	2.56 (65)	2.86 (73)	3.50 (89)	4.25 (108)	4.84 (123)
WTS.	0.70 (0.32)	0.70 (0.32)	0.80 (0.36)	1.00 (0.45)	1.40 (0.63)	2.70 (1.22)	2.90 (1.31)	4.40 (1.98)	7.60 (3.42)	9.30 (4.19)

[Tabla 2.10 dimensiones de válvulas check de bronce para el combustible y el aire de alimentación.](#)

## VALVULAS DE PASE RAPIDO:

[Tabla 2.11 dimensiones de las válvulas de pase rápido para la alimentación de aire y de combustible.](#)



## FLUJOMETRO PARA ACEITE

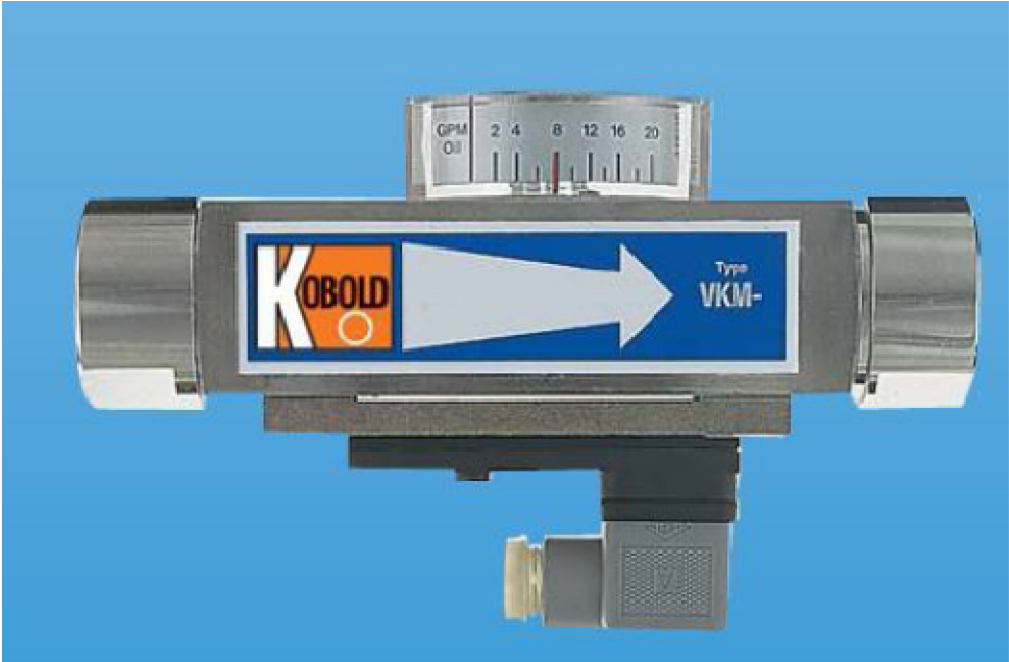


Se toma el modelo de 0.1 hasta 0.45 litros/minuto VKM-1102 con conexión roscada de ¼"

Tabla 2.12 Dimensiones del medidor de flujo de combustible

Rango de caudal L/min aceite	Caída de presión Δ P [bar] a caudal nominal*		Latón	Acero inoxidable	Contacto*	Conexión		Opción conector especial	Dirección de Caudal
	min.	máx.							
0.01...0.07	0.02	1.0	VKM-1101...	VKM-1201...		..R08 = G 1/4	..N08 = 1/4 NPT		
0.1...0.45	0.03	0.8	VKM-1102...	VKM-1202...				0 – sin opción	B = desde abajo
0.2...1.2	0.05	1.1	VKM-1103...	VKM-1203...	...R0... = 1 contacto N/A	..R08 = G 1/4	..N08 = 1/4 NPT		
0.5...2	0.07	1.2	VKM-1104...	VKM-1204...	...U0... = 1 contacto tipo SPDT	..R15 = G 1/2	..N15 = 1/2 NPT	B – salida roscada	T – desde arriba
0.8...3.4	0.05	0.9	VKM-1105...	VKM-1205...	...F0... = 1 contacto Ex. N/A	..R15 = G 1/2	..N15 = 1/2 NPT	hembra entrada	L – desde la izquierda
2...9	0.05	0.8	VKM-1106...	VKM-1206...	...C0... = 1 contacto N/A (UL)	..R20 = G 3/4	..N20 = 3/4 NPT	mani- fold	R = desde la derecha
4...14	0.03	1.1	VKM-1107...	VKM-1207...	...D0... = 1 contacto tipo SPDT (UL)	..R20 = G 3/4	..N20 = 3/4 NPT		
5...20	0.05	1.1	VKM-1108...	VKM-1208...		..R25 = G 1	..N25 = 1 NPT		
4...40	0.1	0.4	VKM-1109...	VKM-1209...					
5...55	0.15	1.1	VKM-1110...	VKM-1210...					
7...70	0.15	1.1	VKM-1111...	VKM-1211...					
8...80	0.15	1.1	VKM-1112...	VKM-1212...		..R25 = G 1	..N25 = 1 NPT		

Figura 2.12 Fotografía de flujometro KOBOLD



MANOMETRO PARA TUBERIAS DE AIRE Y DE COMBUSTIBLE

[Figura 2.13 Fotografía de manómetro para tubería de aire y tubería de combustible; características del instrumento.](#)



#### **Description**

The system components are enclosed in a high-quality stainless steel housing.

The version with glycerine filling ensures easy readability giving steady pointer movement when subjected to vibration.

The lubricating effect of the glycerine keeps wear to a minimum.

The back connection enables the gauge to be panel mounted.

#### **Ranges**

0 ... 1 bar to 0 ... 600 bar

#### **Applications**

General machine construction; compressors; pumps; engineering

Figura 2.14 Fotografía de medidores de caudal de la marca KOBOLD diseñados para gases: Dimensiones.



**Gases: Datos de pedido (Ejemplo: KDG-1107 NV 0 M10)**

Rango de medición aire** L <sub>N</sub> /h	No. Pedido latón	No. Pedido acero inoxidable	No. Pedido PVDF***	Conexión***	Opción de sello	Kit de instalación del panel	Opción de contacto	Opciones diversas
0.5 - 5	KDG-1107...	KDG-1207...	KDG-1307...	N = 1/4 NPT R = G 1/4 W= conector de manguera angular, 90° S = conector de manguera recto Y = Especial	V=FPM T=FFKM	0=sin S=con	00 =sin contacto	0 = sin Y= Ejm con controlador, sin válvula Por favor especifique por escrito
0.8 - 8	KDG-1109...	KDG-1209...	KDG-1309...				hasta modelo KDG-xx24 sin caja de empalme	
1.6 - 16	KDG-1113...	KDG-1213...	KDG-1313...				M1= 1 contacto monoestable M2= 2 contactos monoest.	
4 - 40	KDG-1120...	KDG-1220...	KDG-1320...				con caja de empalme	
6 - 60	KDG-1124...	KDG-1224...	KDG-1324...				A1 = 1 contacto monoestable A2 = 2 contactos monoest.	
10 - 100	KDG-1128...	KDG-1228...	KDG-1328...				B1 = 1 contacto biestable B2 = 2 contactos biestables	
25 - 250	KDG-1132...	KDG-1232...	KDG-1332...				desde modelo KDG-xx28 sin caja de empalme	
50 - 500	KDG-1137...	KDG-1237...	KDG-1337...				M3= 1 contacto monoestable M4= 2 contactos monoest.	
80 - 800	KDG-1142...	KDG-1242...	KDG-1342...				con caja de empalme	
100 - 1000	KDG-1146...	KDG-1246...	KDG-1346...				A3 = 1 monoestable contact A4 = 2 contactos monoest.	
180 - 1800	KDG-1151...	KDG-1251...	KDG-1351...				B3 = 1 contacto biestable	
240 - 2400	KDG-1157...	KDG-1257...	KDG-1357...				B4 = 2 contactos biestables	
300 - 3000	KDG-1161...*	KDG-1261...*	KDG-1361...*					
400 - 4000	KDG-1164...*	KDG-1264...*	KDG-1364...*					
500 - 5000	KDG-1168...*	KDG-1268...*	KDG-1368...*					
other gases	KDG-11YY...	KDG-12YY...	KDG-13YY...					
*Para todos los instrumentos marcados con * el interruptor de límite está disponible solo como contacto mín. **a 1.2 bar absolutos y 20 °C ***versión-PVDF disponible solo con G 1/4								

## **SELECCIÓN DE BOMBA DE COMBUSTIBLE**

Se selecciona el modelo M 34 DM-6\*ver ANEXO A-30 para ver la codificación de la bomba y los anexos A-29 hasta A-35. Según la tabla del ANEXO A-30, la bomba cuenta con las siguientes características: 1 etapa de compresión, Velocidad de giro 3450rpm, sentido de giro a favor de las manecillas del reloj, del tipo BIO PUMP (bio bomba), caudal de 6 galones por hora, diseño de una sola tubería sin conexión de by-pass instalada.

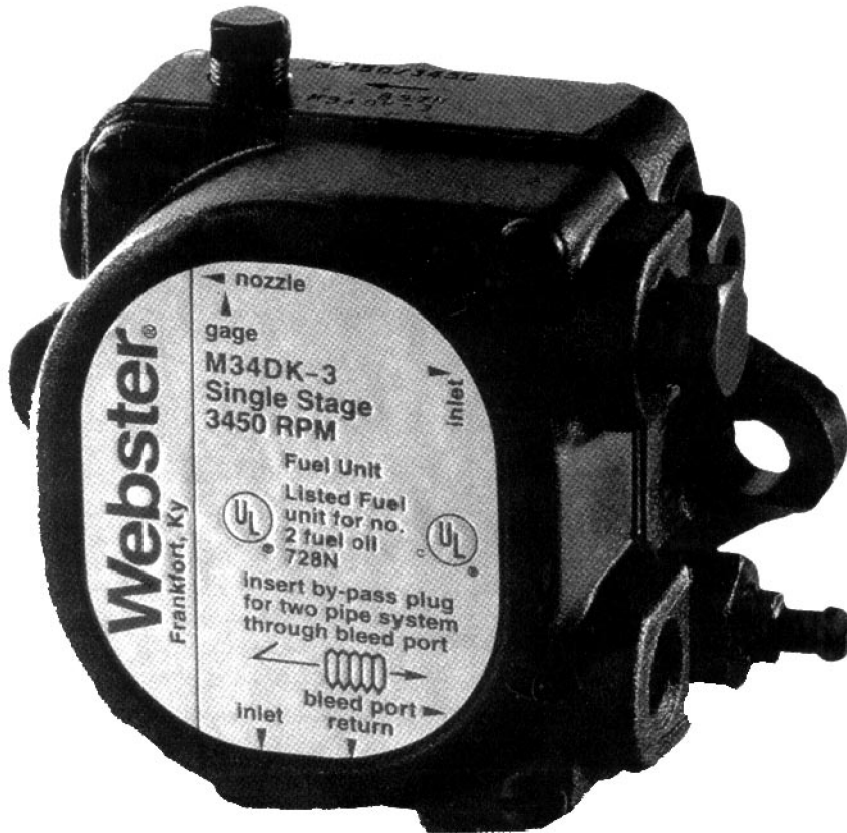


Figura 2.15 modelo genérico de bomba de combustible seleccionada marca WEBSTER modelo M 34 DM-6\*

## DESARROLLO DE LOS CALCULOS DE TRANSMISION

Como datos iniciales tenemos:

Po: Potencia de salida del motor hidráulico, la cual será de 12.06 hp.

nw: Velocidad de giro del sinfín, 175 rpm.

Ng: Número de dientes del engranaje, 36 dientes.

Nw: Número de cuerdas, 2.

Dw: Diámetro de paso del sinfín, 4.5 plg.

Pd: Paso diametral, para el diseño será de 2.

Estos datos son previos a un proceso de iteración, lo cual brindará las dimensiones que requiere el mecanismo para un buen funcionamiento.

Un requisito básico del conjunto tornillo sinfín y corona es que el paso axial del tornillo sin fin debe ser igual al paso circular de la corona para que enlacen debidamente. El **paso axial "Px"**, se define como la distancia desde un punto en la cuerda del tornillo sin fin hasta el punto correspondiente en la siguiente cuerda adyacente, medido de manera axial en el cilindro de paso.

Por otro lado, el **paso circular "p"**, de la corona se define como la distancia desde un punto en un diente del círculo de paso del engrane hasta el punto correspondiente en el diente siguiente adyacente, medido a lo largo del círculo de paso. Así, el paso circular es el arco de distancia que puede calcularse a partir de:

$$p = \frac{\pi}{Pd} \quad \therefore \quad p = \frac{\pi}{2} \quad (2.26)$$

$$p = 1.57 \text{ plg.} \cong 39.9 \text{ mm}$$

Se sabe que:

$$Px = p \quad \therefore \quad Px = 1.57 \text{ plg.} \cong 39.9 \text{ mm}$$

**Desplazamiento "L"** del tornillo, es la distancia axial que se moverá un punto del tornillo sin fin conforme este gire una revolución o giro completo. El desplazamiento se relaciona con el paso axial mediante:

$$L = Nw * Px \quad (16)$$

$$L = 2 * 1.57 p \lg .$$

$$L = 3.14 p \lg . \cong 79.8 \text{ mm}$$

**Ángulo de desplazamiento “ λ ”**, es el ángulo entre la tangente hacia la cuerda del tornillo sin fin y la línea perpendicular al eje del mismo.

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi D_w} \quad (2.27)$$

$$\tan \lambda = \frac{3.14}{\pi * 4.5 p \lg .}$$

$$\lambda = 12.53^\circ$$

**Diámetro de paso del engrane “Dg”**

$$D_g = \frac{N_g}{P_d} \quad (2.28)$$

$$D_g = \frac{36}{2}$$

$$D_g = 18 p \lg . \cong 457.2 \text{ mm}$$

**Distancia central “C”**

$$C = \frac{(D_w + D_g)}{2} \quad (2.29)$$

$$C = \frac{(4.5 p \lg . + 18 p \lg .)}{2}$$

$$C = 11.25 p \lg . \cong 285.75 \text{ mm}$$

**Relación de Velocidad “VR”**

$$VR = \frac{N_g}{N_w} \quad (2.30)$$

$$VR = \frac{36}{2}$$

$$VR = 18$$

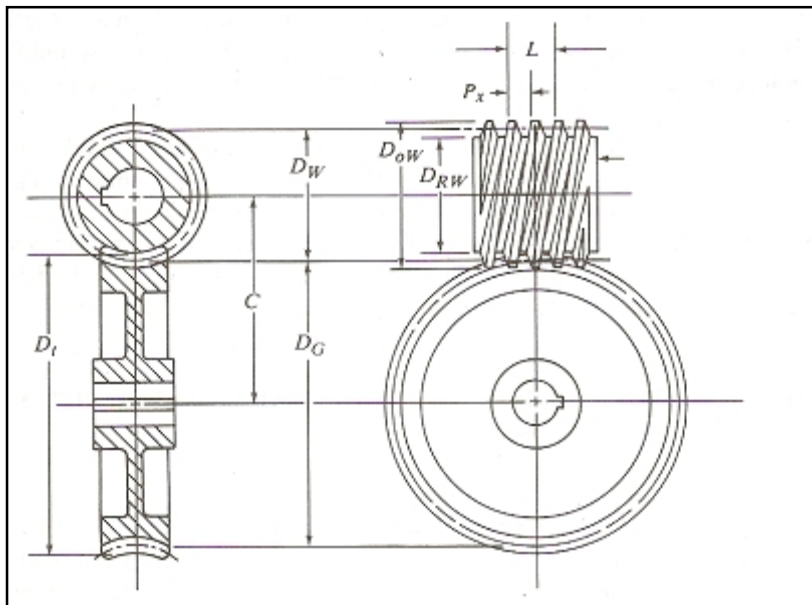
### RPM del engrane “ng”

$$n_g = \frac{n_w}{VR} \quad (2.31)$$

$$n_g = \frac{175 \text{ rpm.}}{18}$$

$$n_g \approx 10 \text{ rpm.}$$

**Ángulo de presión normal “ n”**, casi todos los mecanismos de tornillo sinfín disponibles en el mercado se fabrican con ángulos de presión de 14.5°, 20°, 25° o 30°. Para el diseño utilizaremos un  $n = 20^\circ$  y el sistema es abierto.



[Figura 2.16 Conjunto de mecanismo de tornillo sin fin -Corona.](#)

### FUERZAS, FRICCIÓN Y EFICIENCIA EN EL CONJUNTO DE MECANISMO DE TORNILLO SINFIN CON RUEDA HELICOIDAL.

El sistemas de fuerzas que actúa sobre el conjunto Tornillo sin fin y Corona por lo regular se considera que está compuesto por tres componentes perpendiculares. Existe una fuerza tangencial, una carga radial y una carga axial que actúan sobre el tornillo y corona.

### **Velocidad de línea de paso del engrane “Vtg”**

$$V_{tg} = \frac{\pi * D_g * n_g}{12} \quad (2.32)$$

$$V_{tg} = \frac{\pi * 18plg. * 175rpm.}{12}$$

$$V_{tg} = 45.81 \text{ pies / min .}$$

### **Velocidad de deslizamiento “Vs”**

$$V_s = \frac{V_{tg}}{\text{sen} \lambda} \quad (2.33)$$

$$V_s = \frac{45.81 \text{ pies / min.}}{\text{sen} 12.53^\circ}$$

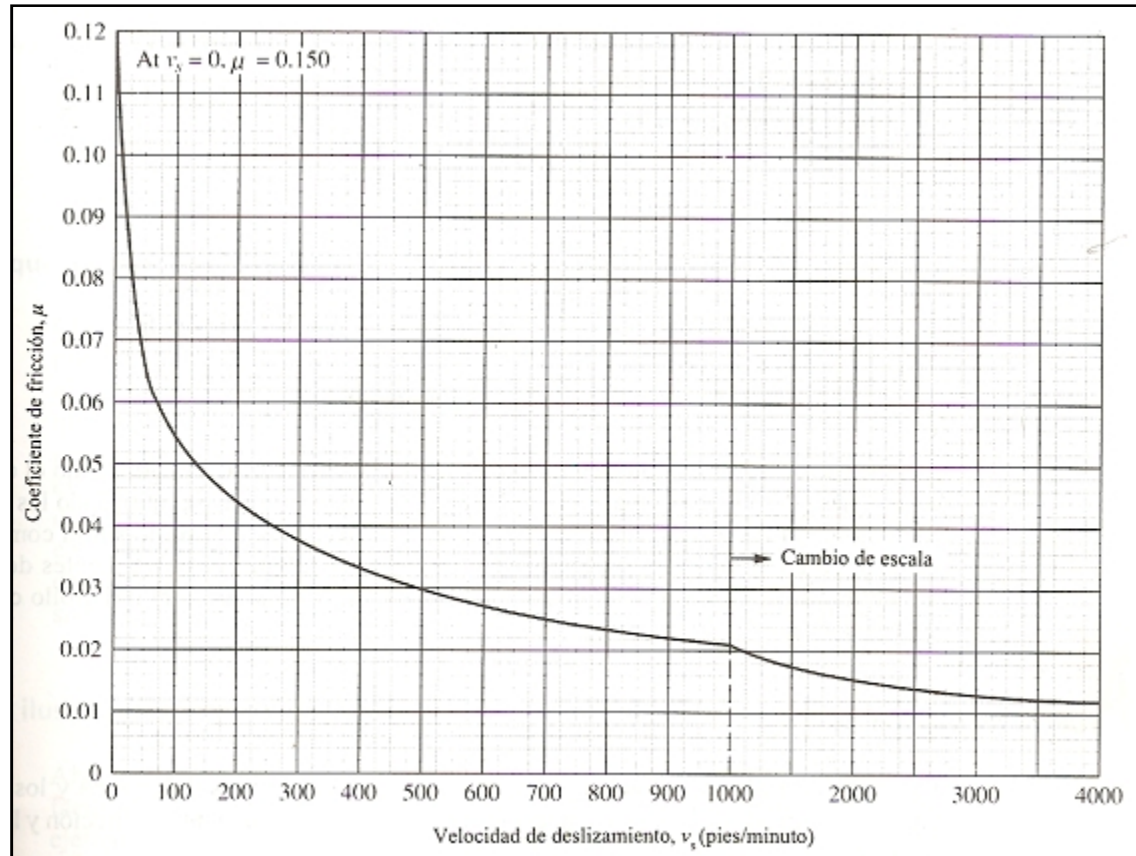
$$V_s = 211.2 \text{ pies / min .}$$

### **Coeficiente de fricción, “μ”**

La fricción juega un papel preponderante en la operación de un conjunto de mecanismo de tornillo sinfín debido a que existe un contacto inherente por deslizamiento entre las cuerdas del tornillo y los dientes de la corona. El coeficiente de fricción depende de los materiales que se utilicen, el lubricante y la velocidad de deslizamiento. (Ver figura 2.17).



Figura 2.17 Coeficiente de fricción contra velocidad de deslizamiento.



Por tanto:

$$\mu = 0.041$$

### **Carga radial “Wrg”**

$$Wrg = \frac{Wtg * \text{sen } \varphi n}{(\cos \varphi n * \cos \lambda) - (\mu * \text{sen } \lambda)} \quad (2.34)$$

Para este caso la Fuerza tangencial “Wtg”, se considera la carga a mover en el proceso de basculación, la cual es de

$$Wtg = 7,050 \text{ lb.}$$

$$\therefore Wrg = \frac{7,050 \text{ lb.} * \text{sen } 20^\circ}{(\cos 20^\circ * \cos 12.53^\circ) - (0.041 * \text{sen } 12.53^\circ)}$$

$$Wrg = 2,654.23 \text{ lb.}$$

### **Carga axial “Wxg”**

$$Wxg = Wtg \frac{(\cos \varphi n * \text{sen } \lambda) + (\mu * \cos \lambda)}{(\cos \varphi n * \cos \lambda) - (\mu * \text{sen } \lambda)} \quad (2.35)$$

$$Wxg = 7,050 \text{ lb.} \frac{(\cos 20^\circ * \text{sen } 12.53^\circ) + (0.041 * \cos 12.53^\circ)}{(\cos 20^\circ * \cos 12.53^\circ) - (0.041 * \text{sen } 12.53^\circ)}$$

$$Wxg = 1,811.52 \text{ lb.}$$

### **Fuerza de fricción, “Wf”**

La fuerza de fricción actúa paralela a la cara de la cuerda del tornillo y los dientes del engrane y depende de la fuerza tangencial en el engrane, el coeficiente de fricción y de la geometría de los dientes:

$$Wf = \frac{\mu * Wtg}{\cos \lambda * \cos \varphi n} \quad (2.36)$$

$$W_f = \frac{0.041 * 7,050 lb.}{\cos 12.53^\circ * \cos 20^\circ}$$

$$W_f = 315.10 \text{ lb.}$$

### **Pérdida de potencia debida a la fricción, “PI”**

La pérdida de potencia es el producto de la fuerza de fricción y la velocidad de deslizamiento en el punto de enlace. Es decir,

$$Pl = \frac{Vs * W_f}{33,000} \quad (2.37)$$

$$Pl = \frac{211.2 \text{ pies / min.} * 315.1 \text{ lb.}}{33,000}$$

$$Pl = 2 \text{ hp.}$$

### **Torque de Salida “To”**

$$To = \frac{Wtg * Dg}{2} \quad (2.38)$$

$$To = \frac{7050 \text{ lb.} * 18 \text{ plg.}}{2}$$

$$To = 63,450 \text{ lb.} - \text{plg.}$$

### **Potencia de entrada “Pi”**

$$Pi = Po + Pl \quad (2.39)$$

$$Po = \frac{To * ng}{63,000} \quad (2.40)$$

$$Po = \frac{63,450 \text{ lb.} * \text{plg.} * 10 \text{ rpm.}}{63,000}$$

$$Po = 9.79 \text{ hp.}$$

∴ De la ecuación (2.39) se obtiene:

$$P_i = 9.79 \text{ hp.} + 2 \text{ hp.}$$

$$P_i = 11.79 \text{ hp.}$$

La eficiencia se define como la relación de la potencia de salida con la potencia de entrada, por tanto:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \approx 83\% \quad (2.40)$$

### **TENSION EN LOS DIENTES DE MECANISMO TORNILLO SINFIN CON RUEDA HELICOIDAL.**

Primeramente se calcula el **Factor “Kv”** que está relacionado con la “Vtg”:

$$K_v = \frac{1,200}{1,200 + V_{tg}} \quad (2.41)$$

$$K_v = \frac{1,200}{1,200 + 45.81 \text{ pies / min.}}$$

$$K_v = 0.963$$

La carga dinámica “Wd” puede estimarse a partir de:

$$W_d = \frac{W_{tg}}{K_v} \quad (2.42)$$

$$W_d = \frac{45.81 \text{ pies / min.}}{0.9632}$$

$$W_d = 7,319.15 \text{ lb.}$$

**La Tensión en los dientes del engrane “ ”**

$$\sigma = \frac{W_d}{y * F_e * P_n} \quad (2.43)$$

Donde:

y: factor de forma de Lewis. (Ver tabla 2.18)

Fe: Ancho o espesor de la cara del engrane.

Pn: Paso circular normal.

$\phi_n$	$y$
$14\frac{1}{2}^\circ$	0.100
<b>20°</b>	<b>0.125</b>
25°	0.150
30°	0.175

[Tabla 2.13 Factor de forma de Lewis aproximado.](#)

$$Fe \leq 0.67 Dw \quad \therefore \quad Fe \leq 0.67 (4.5 p \lg)$$

$$Fe \leq 3.015 p \lg.$$

$$Fe = 3 p \lg. \cong 76.2 \text{ mm}$$

El paso circular normal será:

$$Pn = Px \cos \lambda \quad \therefore \quad Pn = (1.57 p \lg.) (\cos 12.53^\circ) (\text{ecuacion 2.44})$$

$$Pn = 1.53 p \lg. \cong 38.9 \text{ mm}$$

Por tanto:

$$\sigma = \frac{7,319.15 lb}{0.125 * 3 p \lg. * 1.53 p \lg.} \quad (2.45)$$

$$\sigma = 12,728.84 \text{ psi.}$$

### **DURABILIDAD SUPERFICIAL:**

El estándar AGMA 6034-A87, proporciona un método para calificar la dureza superficial de Tornillos sin fin de acero endurecido que funcionan con engranes de Bronce. Las especificaciones o calificaciones se basan en la capacidad de los engranes para operar sin daño significativo debido a la corrosión o el desgaste.

El procedimiento exige calcular una **carga tangencial calificada**, “**Wtr**”, a partir de:

$$Wtr = Cs * Dg^{0.8} * Fe * Cm * Cv \quad (2.46)$$

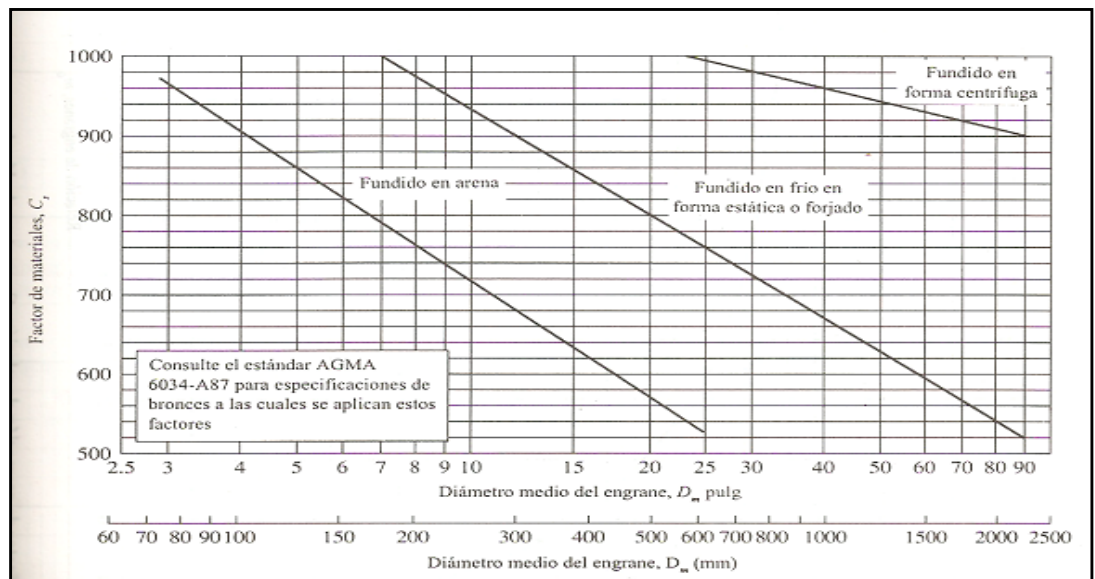
Donde:

Cs: Factor de material. Figura 2.18

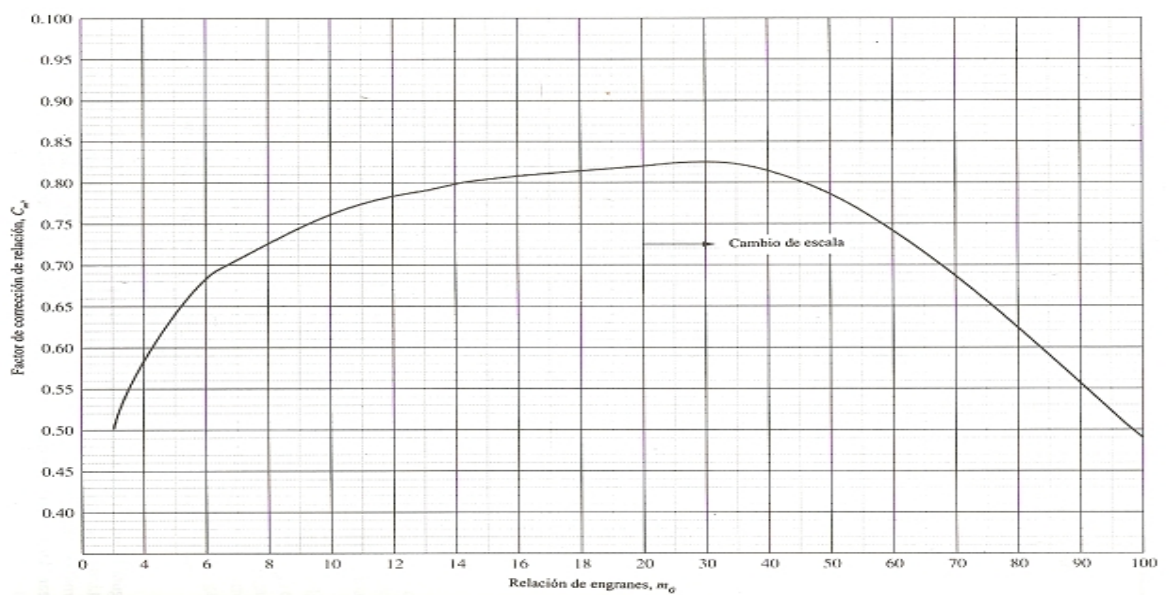
Cm: Factor de corrección de relación. Figura 2.19

Cv: Factor de velocidad.

[Figura 2.18 Factor de Materiales, Cs.](#)



[Figura 2.19 Factor de corrección de relación Cm](#)



$$C_s = 50$$

$$C_m = 0.82$$

Para Vs de 0 a 700 pies/min.

$$C_v = 0.659 e^{(-0.001 V_s)} \quad (2.47)$$

$$C_v = 0.659 e^{(-0.001 * 211.2 \text{ pies / min.})}$$

$$C_v = 0.53$$

∴ Sustituyendo en la ecuación (2.46) tenemos que:

$$W_{tr} = 591.44 * 18^{0.8} * 3 * 0.82 * 0.53$$

$$W_{tr} = 7,838 \text{ lb.}$$

Como este valor es mayor que la carga tangencial real 7,050 lb. Por tanto se considera satisfactorio.

Dimensión	Fórmula	Medida	
		(mm)	(plg.)
Cabeza	$a = 0.3183 * p_x$	0.50	12.70
Profundidad total	$ht = 0.6866 * P_x$	1.07	27.38
Profundidad de trabajo	$hk = 2a$	1.00	25.40
Raíz	$b = ht - a$	0.57	14.47
Diámetro de Raíz del tornillo	$Drw = Dw - 2b$	3.36	85.34
Diámetro externo del tornillo	$Dow = Dw + 2a$	5.50	139.70
Diámetro de Raíz de engrane	$Drg = Dg - 2b$	16.86	428.24
Diámetro de garganta de engrane	$Dt = Dg + 2a$	19.00	482.60

[Tabla 2.14. Dimensiones comunes del mecanismo sinfín y rueda helicoidal.](#)

Para determinar la parte dentada del tornillo sinfín, se realizo según la condición siguiente:

Para un N° de entradas del tornillo de 1 y 2 su Longitud dentada será:

$$L_o \geq (11 + 0.006 N_g) m \quad (2.48)$$

Donde “m” es el módulo y se calcula a partir de:

$$m = \frac{D_g}{N_g} \quad (2.49)$$

$$m = \frac{457.2mm}{36}$$

$$m = 12.7 \therefore \text{Tomamos un } m = 12$$

$\therefore$  Sustituyendo en ecuación (2.50) se tiene que:

$$L_o \geq (11 + 0.006 (36))12$$

$$L_o \geq 134.59 \text{ mm} \cong 5.3 \text{ plg.}$$

Se considera que la distancia entre los apoyos “l” es aproximadamente:

$$l = 0.9m * N_g \quad (2.51)$$

$$l = 0.9(12) * 36$$

$$l = 388.8 \text{ mm} \cong 15.3 \text{ plg.}$$

El momento de Inercia de la sección del tornillo es:

$$J_{torn.} = 0.05 * d_{torn.}^4 * \mu \quad (2.52)$$

Donde “ $\mu$ ” es el coeficiente de fricción, que tiene en cuenta la influencia de los filetes del tornillo en su flexión.

Ya se tiene que,  $\mu = 0.041$

$\therefore$  Sustituyendo según ecuación (2.52) se obtiene:

$$J_{torm.} = 0.05 * (85.34 \text{ mm})^4 * 0.041$$

$$J_{torm.} = 108,733.760 \text{ mm}^4$$



La flexión se puede determinar como para una viga sobre dos apoyos, actuando la fuerza “ $W_c$ ” en el centro del tramo “ $l$ ”.

$$W_c = W_{rg} + W_{tg} \quad \therefore$$

$$W_c = 2,654.23 \text{ lb} + 7,050 \text{ lb}$$

$$W_c = 9,704.23 \text{ lb} \cong 4,411.01 \text{ kg} \cong 43,164.41 \text{ N}$$

La flexión se calcula a partir de:

$$f = \frac{W_c * l^3}{48 E * J_{torn}} \quad (2.53)$$

El Módulo de elasticidad para el material a utilizar para el tornillo sin fin será:

$$\text{AISI} - 1040 \quad 20\text{Gpa} = 207 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$\therefore$  Sustituyendo en ecuación (2.53), encontramos la flexión:

$$f = \frac{43,164.41 \text{ N} * (0.3888 \text{ m})^3}{48(207 \times 10^9)(10.853 \times 10^{-8} \text{ m}^4)}.$$

$$f = 0.002 \text{ m} \cong 2 \text{ mm}$$

### **SELECCIÓN DE LOS COJINETES:**

Cuando sobre un cojinete se ejercen cargas radiales y de empuje, la carga equivalente es la carga radial constante que generaría la misma vida útil especificada para el cojinete que la carga combinada. El método para calcular la carga equivalente,  $P$ , para este caso se presenta a continuación:

$$P = VXR + YT \quad (2.54)$$

Donde,  $P$ : Carga equivalente  
 $V$ : Factor de rotación.

$R$ : Carga radial aplicada.

$T$ : Carga de empuje aplicada.

$X$ : Factor radial.

$Y$ : Factor de empuje.

Los valores de  $X$  e  $Y$  varían en función del diseño específico del cojinete y de la magnitud de la carga radial.

Se selecciona un valor de  $Y$  a partir de la tabla 2.7. El valor de  $Y = 1.5$  resulta razonable, ya que esta a la mitad del rango de valores posibles. El valor de  $X = 0.56$  para todos los valores de  $Y$ .

[Tabla 2.15 Factores radiales y de empuje para cojinetes de hilera única, ranura profunda.](#)

$e$	$T/C_o$	$Y$	$e$	$T/C_o$	$Y$
0.19	0.014	2.30	0.34	0.170	1.31
0.22	0.028	1.99	0.38	0.280	1.15
0.26	0.056	1.71	0.42	0.420	1.04
0.28	0.084	1.55	0.44	0.560	1.00
0.30	0.110	1.45			

*Nota:*  $X = 0.56$  para todos los valores de  $Y$ .

El factor de rotación " $V$ " se toma como 1 si la pista de rodamiento interna es la que gira. Por tanto sustituyendo en la ecuación (2.54) se tiene:

$$P = 0.56(1,327.11 \text{ lb.}) + (1.5)(1,811.52 \text{ lb.})$$

$$P = 3,460.46 \text{ lb.}$$

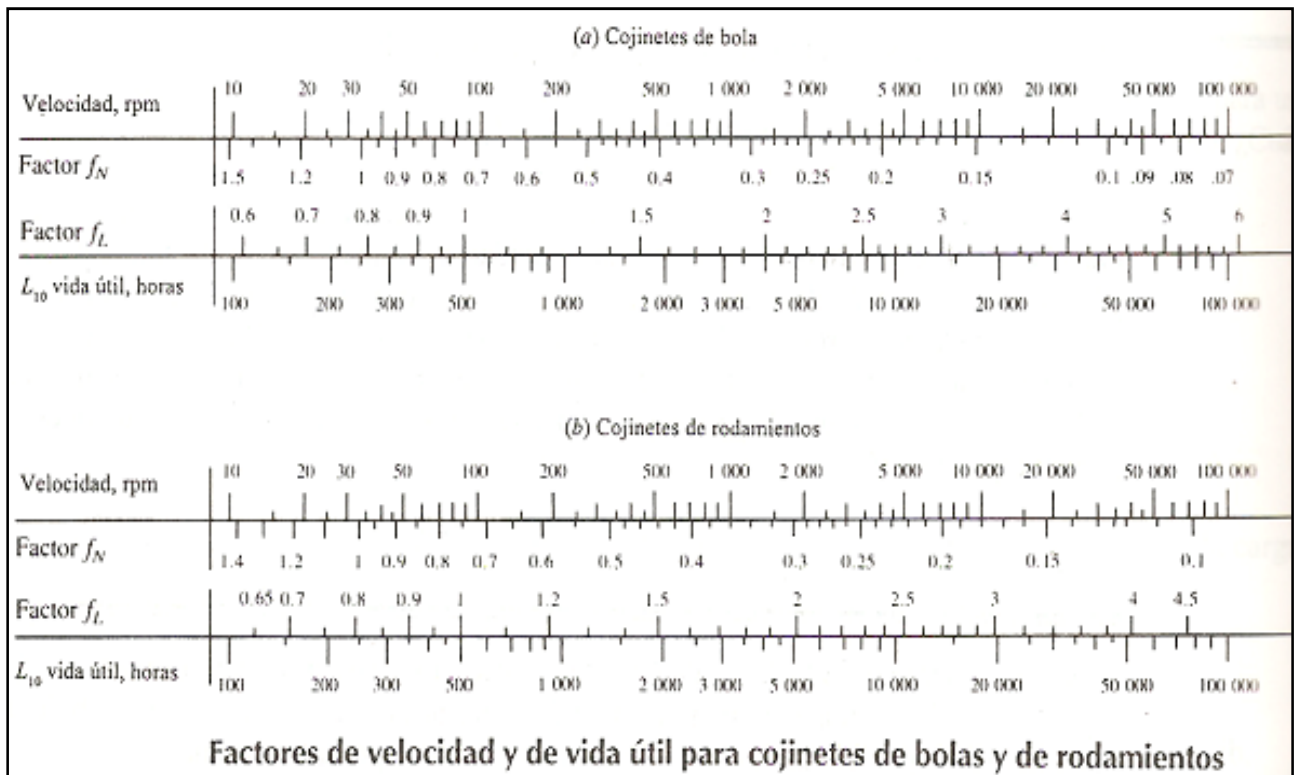
La carga dinámica,  $C$ , que se necesita se calcula con la siguiente expresión:

$$C = \frac{P * fl}{fn} \quad (2.55)$$

Donde  $fl$  : Factor de vida útil.

$fn$  : Factor de velocidad.

A partir de la Figura 2.20  $fn = 0.61$  y  $fl = 2.3$



[Figura 2.20 Factores radiales y de empuje para cojinetes de hilera única, ranura profunda.](#)


Sustituyendo los datos en ecuación (2.55) se tiene:

$$C = \frac{3,460.46 lb. * 2.3}{0.61}$$

$$C = 13,047.64 \text{ lb.}$$

Seleccionando del Catalogo SKF el soporte con rodamiento Y, según Tabla 2.16 el cual tiene una capacidad de carga dinámica,  $C_o = 54000 \text{ N} \approx 12,140.3 \text{ lbs}$ .

**Soportes de pie con rodamientos Y, fundición**  
d 12-100 mm



Dimensiones								Capacidad de carga		Carga límite de fatiga F <sub>u</sub>	Masa Rodamiento	Designaciones Rodamientos		
d	d <sub>1</sub>	D	B	C	a	r <sub>12</sub> mm	dinám. C <sub>1</sub>	estát. C <sub>0</sub>	sin espaciadores			con 2 espaciadores	con 2 espaciadores flojados	
mm								N	N	kg	-			
12	24,2	40	27,4	12	11,5	0,3	7 350	4 750	140	0,11	YAR 203/12	YAR 203/12-2F	YAR 203/12-2FF	
15	24,2	40	27,4	12	11,5	0,3	7 350	4 750	140	0,089	YAR 203/15	YAR 203/15-2F	YAR 203/15-2FF	
17	24,2	40	27,4	12	11,5	0,3	7 350	4 750	140	0,088	YAR 203	YAR 203-2F	YAR 203-2FF	
20	28,2	47	31	14	12,7	0,5	9 800	6 550	196	0,14	YAR 204	YAR 204-2F	YAR 204-2FF	
25	39,7	52	34,1	15	14,5	0,5	16 800	7 800	232	0,17	YAR 205	YAR 205-2F	YAR 205-2FF	
30	39,7	62	38,1	18	15,5	0,5	15 000	11 200	305	0,28	YAR 206	YAR 206-2F	YAR 206-2FF	
35	46,1	72	42,9	19	17,5	1	16 800	15 300	456	0,41	YAR 207	YAR 207-2F	YAR 207-2FF	
40	51,8	80	49,2	21	19	1	23 600	19 000	560	0,55	YAR 208	YAR 208-2F	YAR 208-2FF	
45	56,8	85	49,2	22	19	1	25 500	21 600	640	0,60	YAR 209	YAR 209-2F	YAR 209-2FF	
55	69,1	100	55,8	25	22,2	1	31 500	29 000	865	0,94	YAR 211	YAR 211-2F	YAR 211-2FF	
60	75,6	110	65,1	29	25,4	1,5	44 500	39 000	1 060	1,30	YAR 212	YAR 212-2F	YAR 212-2FF	
65	82,5	120	68,3	27	25,4	1,5	44 000	40 000	1 180	1,55	YAR 213	YAR 213-2F	YAR 213-2FF	
70	87,1	125	74,8	28	28,2	1,5	44 600	45 000	1 320	1,00	YAJ 214	YAJ 214-2F	YAJ 214-2FF	
80	101,4	140	82,6	30	33,5	2	54 000	55 000	1 530	2,80	YAJ 216	YAJ 216-2F	YAJ 216-2FF	
90	112,5	160	96	35	39,7	2	71 500	73 500	1 960	4,10	YAJ 218	YAJ 218-2F	YAJ 218-2FF	
100	124,9	180	108	40	42	2	95 000	99 000	2 320	3,55	YAJ 220	YAJ 220-2F	YAJ 220-2FF	

Tabla 2.16 Soportes de pie para rodamientos Y.

Las relaciones entre la carga de empuje aplicada, la carga radial y la capacidad de carga dinámica serán de:

$$\frac{T}{Co} = \frac{1,811.52lb.}{12,140.3lb.}$$

$$\frac{T}{Co} \approx 0.15$$

$$\frac{T}{R} = \frac{1,811.52lb.}{1,327.11lb.}$$

$$\frac{T}{R} \approx 1.36$$

Para indicar la carga de empuje limite, los fabricantes indican un factor “e”, Ver tabla 2.15, interpolando;  $e = 0.3248$

Como la relación  $\frac{T}{R} > e$  podemos encontrar el valor de “Y”, con base a la relación

$\frac{T}{R} \approx 1.36$  encontramos el valor real de “Y”. Interpolamos nuevamente se obtiene que  $Y=1.36$

Volviendo a calcular la carga de empuje, se tiene que:

$$P = 0.56(1327.11lb.) + (1.36)(1,811.52lb.)$$

$$P = 3,206.84 \text{ lb}$$

∴

La carga dinámica que se requiere será de:

$$C = \frac{3,206.84lb. * 2.3}{0.61}$$

$$C = 12,091.3 \text{ lb}$$

Como el valor de “Co” del rodamiento seleccionado es mayor que la carga dinámica requerida “C”, la selección es satisfactoria.

## SELECCIÓN DE LA BOMBA Y EL MOTOR HIDRAULICO:

En base a las consideraciones hechas previas al cálculo de la transmisión, se selecciona el motor hidráulico según La potencia requerida.

El Motor hidráulico seleccionado es el de tipo MPP 315 C25 el cual tiene las siguientes especificaciones técnicas presentes en la Tabla 2.17.

REFERENCIA TYPE	Desplaz. cm <sup>3</sup> /rev.	V. máx. R.P.M.	Par máx. daNm		Potencia máx. kW		Presión max. bar		Q. máx. L/min	CÓDIGO CODE
			cont.	inte.	cont.	inte.	cont.	inte.		
MPP 25 C25	25,0	1600	3,3	4,7	4,5	6,1	100	140	40	MT 20000
MPP 25 CD										MT 20000D
MPP 32 C25	32,0	1560	4,3	6,1	5,8	7,8	100	140	50	MT 20001
MPP 32 CD										MT 20001D
MPP 40 C25	40,0	1500	6,2	8,2	8,4	11,6	120	155	60	MT 20002
MPP 40 CD										MT 20002D
MPP 50 C25	49,5	1210	9,4	11,9	10,1	12,2	140	175	60	MT 2001
MPP 50 CD										MT 2001D
MPP 80 C25	79,2	755	15,1	19,5	10,2	12,5	140	175	60	MT 2002
MPP 80 CD										MT 2002D
MPP 100 C25	99,0	605	19,3	23,7	10,5	12,8	140	175	60	MT 2003
MPP 100 CD										MT 2003D
MPP 125 C25	123,8	486	23,7	29,8	10	12	140	175	60	MT 2004
MPP 125 CD										MT 2004D
MPP 160 C25	158,4	378	31,3	37,8	10,1	12,1	140	175	60	MT 2005
MPP 160 CD										MT 2005D
MPP 200 C25	198,0	303	36,6	45,6	10	12	140	175	60	MT 2006
MPP 200 CD										MT 2006D
MPP 250 C25	247,5	242	38	58,3	9,5	12	140	175	60	MT 2007
MPP 250 CD										MT 2007D
MPP 315 C25	316,8	190	38	56	7,6	9	120	140	60	MT 2008
MPP 315 CD										MT 2008D
MPP 400 C25	396,0	150	36	59	6,2	7,8	95	115	60	MT 2009
MPP 400 CD										MT 2009D
MPP 500 C25	495	120	50	59	3,5	7,2	60	90	60	
MPP 500 CD										
MPP 630 C25	623,6	95	44	64	3,3	5,6	55	80	60	
MPP 630 CD										

[Tabla 2.17 Especificaciones del Motor Hidráulico.](#)

Para la selección de la Bomba a utilizar, se considera la capacidad requerida por el motor hidráulico la cual es de 60 l/min.

Según el catalogo de Bombas de pistones axiales STM A10V, la Bomba que proporciona ese flujo es la de tamaño 45, es decir la STM A10VO45 (Ver Figura 2.21). La cual tiene un flujo máximo de 60 l/min. Esto garantiza la función del motor hidráulico ya que este operara a 175 rpm. y no a las 190 rpm. que es su máxima revoluciones.

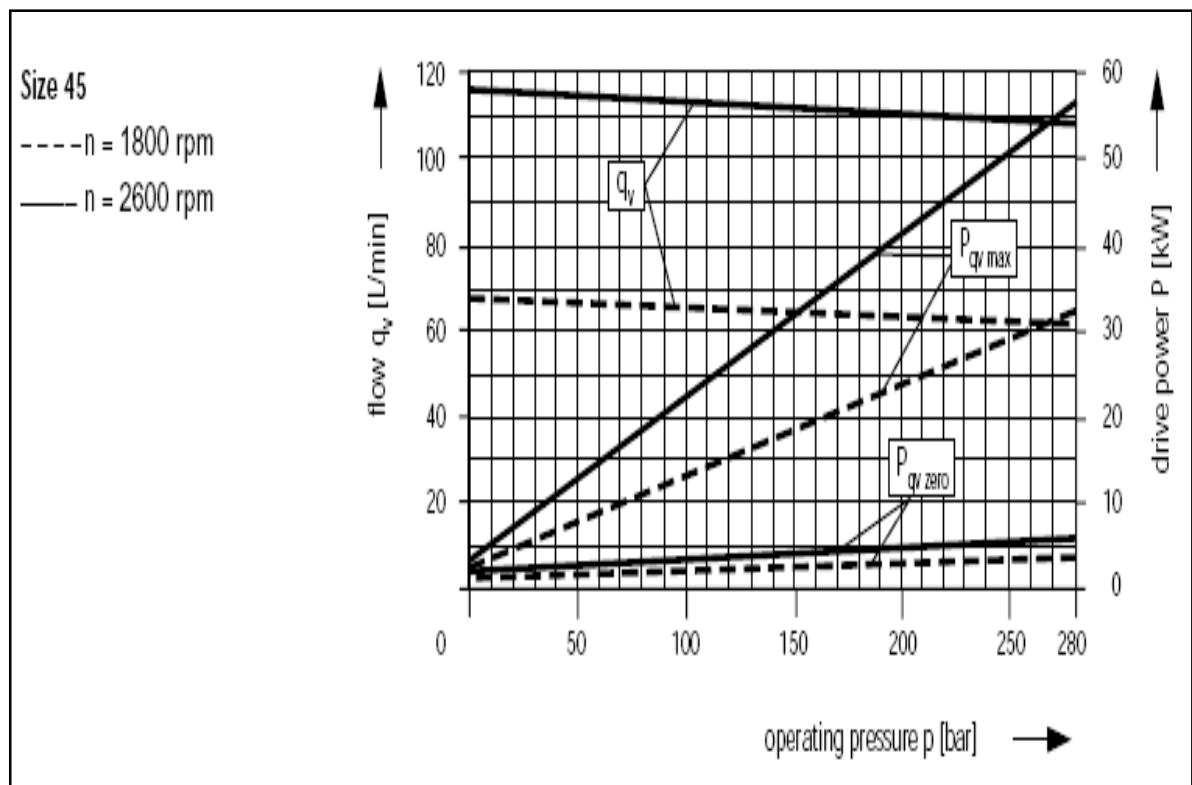
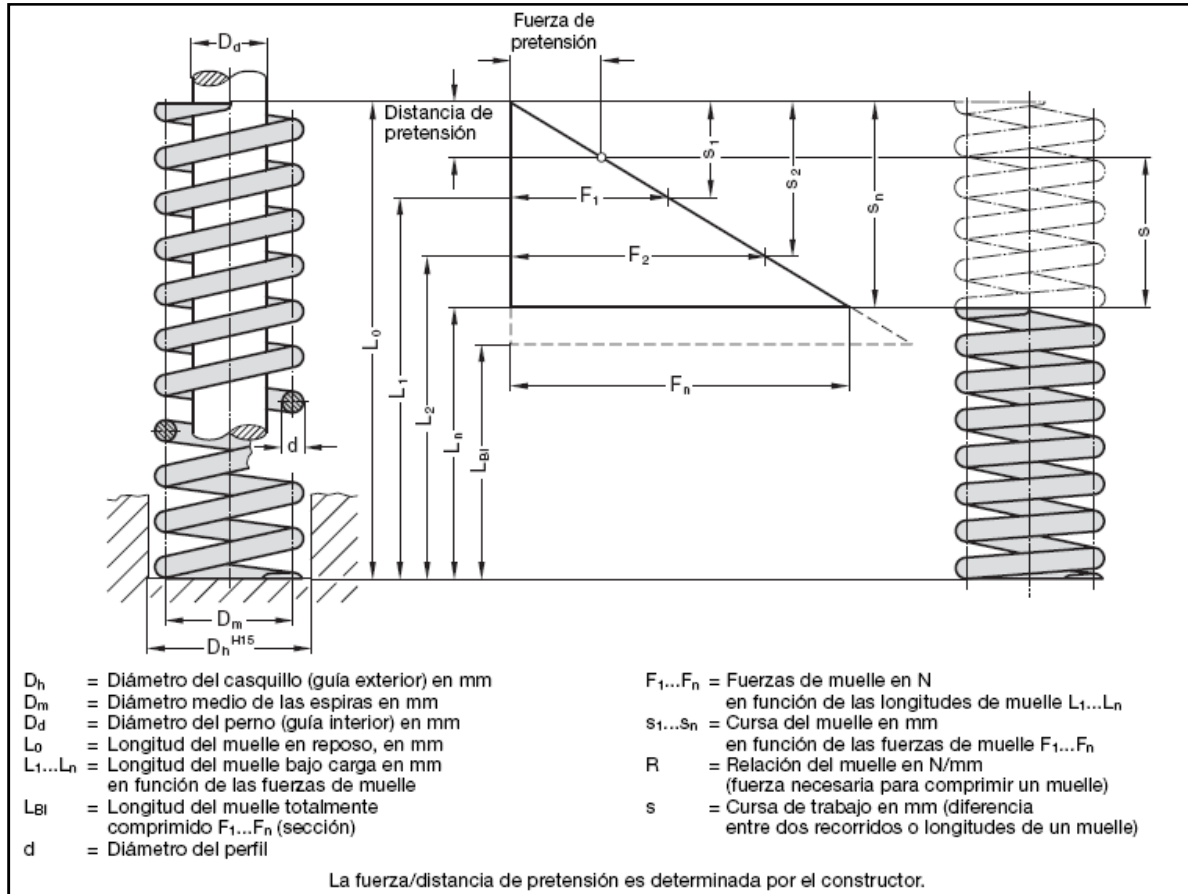


Figura 2.21 Especificaciones de la Bomba.

## MECANISMO PARA TAPA DEL HORNO

## SELECCIÓN DEL MUELLE HELICOIDAL DE COMPRESION:

El Muelle se selecciono de acuerdo a la carga total a soportar. Para el diseño se conoce que el peso total de la tapa del Horno es de 647.87 lb.  $\approx$  2,882 N. El cual estará actuando en el muelle.



[Figura 2.22 Dimensiones del Muelle Helicoidal](#)

Se recomienda el muelle de Diámetro interior  $D_d = 38$  mm. El cual presenta las siguientes características. (Ver tabla 2.24)

Como se puede apreciar la Fuerza que resiste en condiciones para una larga duración es de 3,642N. Es aceptable ya que está por encima de la fuerza que se le aplicara debido al peso de la tapa.



Tabla 2.24 Resistencia y dimensiones del Muelle Helicoidal.

241.02.																
Código	para una duración															
	para larga duración						mediana			para esfuerzos extremos						
	D <sub>h</sub>	D <sub>d</sub>	D <sub>m</sub>	d	L <sub>0</sub>	R	s <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> (N)	L <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> (N)	L <sub>2</sub>	s <sub>n</sub>	F <sub>n</sub> (N)	L <sub>n</sub>	i <sub>r</sub>
241.02.11.040	11	6,5	8,5	1,5	40	8,08	11,3	91	28,7	13,7	110	26,3	16,1	130	23,9	10,5
13.055	13	8,5	10,5	1,5	55	3,8	20,8	79	34,2	25,2	95	29,8	29,7	112	25,3	12
15.040	15	9,5	12	2	40	11,93	12,3	146	27,7	15	178	25	17,6	210	22,4	8
15.050	15	9,5	12	2	50	10	17,5	175	32,5	21,2	212	28,8	25	250	25	9,5
16.040	16	10,5	13	2	40	11	14	154	26	17	187	23	20	220	20	7
18.085	18	12	14,75	2,25	85	5,92	30,8	182	54,2	37,4	221	47,6	44	260	41	14
19.045	19	11	14,5	3	45	35	9,8	343	35,2	11,9	416	33,1	14	490	31	8
19.050	19	11	14,5	3	50	30	11,2	336	38,8	13,6	408	36,4	16	480	34	8,5
19.083	19,5	9	14	4	83	75	12,6	945	70,4	15,3	1147	67,7	18	1350	65	16
20.035	20,5	10	15	4	35	170	5,6	952	29,4	6,8	1156	28,2	8	1360	27	4,5
20.090	20,5	9	14,5	4,5	90	97,8	12,3	1202	77,7	15	1467	75	17,6	1714	72,4	4
21.035	21	13,5	17	2,5	35	13,32	10,5	139	24,5	12,7	169	22,3	15	200	20	6
21.040	21	12	16,25	3	40	32,1	9,8	314	30,2	11,9	381	28,1	14	450	26	5,5
22.095	22	14,5	18	2,5	95	4,1	34,2	140	60,8	41,5	170	53,5	48,8	200	46,2	17
22.040	22,5	12	17	4	40	105,5	7,7	812	32,3	9,3	981	30,7	11	1160	29	5
23.045	23	14,5	18,5	3	45	25,7	15	385	30	18,2	467	26,8	21,4	550	23,6	5
23.050	23	12,5	17,5	4	50	74,3	11	817	39	13,3	988	36,7	15,6	1160	34,4	6,5
26.024	26,5	16	21	4	24	133,2	5	666	19	6,1	812	17,9	7,2	960	16,8	2
30.070	30	13	20,8	7	70	341	7,7	2625	62,3	9,3	3171	60,7	11	3750	59	8
32.070	32	21	26	4	70	24,2	23,8	575	46,2	28,9	700	41,1	34	822	36	6
32.150	32	16	23,5	6,5	150	103,6	19,6	2030	130,4	23,8	2465	126	28	2900	122	14
34.125	34	19	26	6	125	67,2	22,4	1505	102,6	27,2	1827	97,8	32	2150	93	11,5
44.130	44	25	34	8	130	108,2	25,2	2726	104,8	30,6	3310	99,4	36	3895	94	10
44.200	44	25	34	8	200	62,7	43,4	2721	156,6	52,7	3304	147,3	62	3887	137,7	17
48.067	48	25	36	10	67	640	6,3	4032	60,7	7,6	4864	59,4	9	5760	58	3,5
49.050	49	29	38,5	8,5	50	337	7,7	2594	42,3	9,3	3134	40,7	11	3707	39	2,5
55.200	55	30	42	11	200	157	30,1	4725	169,9	36,6	5746	163,4	43	6750	157	13
58.050	58	39	48	8	50	151,2	9,8	1481	40,2	11,9	1799	38,1	14	2117	36	2,5
63.180	63	38	50	11	180	121	30,1	3642	149,9	36,6	4428	143,4	43	5203	137	10
Tenemos todas las medidas también disponibles en largos de 500 mm para cortar a trozos.																
En este caso, se añade "500" al Código (p. e. 241.02.11.040.500).																

En los anexos se adjunta el mecanismo de la tapa del horno, el apartado de planos, en conjunto y en despiece.

## **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El siguiente Plan de Mantenimiento es asegurar que el Horno propuesto desempeñe las funciones deseadas tales como la fundición de metales no ferrosos, para elaborar productos terminados de valor agregado.

Por tanto los principales objetivos es asegurar la disponibilidad y confiabilidad de este, cumpliendo con todas las normas de seguridad y medio ambiente.

Existen diversos tipos de mantenimiento, tales como:

Mantenimiento por Avería (correctivo)

Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento que se propone es el Preventivo, debido a que se harán intervenciones periódicas programadas para aumentar la vida útil, la eficiencia, la disponibilidad y seguridad operacional del Horno.

Los elementos que intervienen en el funcionamiento del Horno, se deben clasificar según los diversos criterios:

**Puntos muy críticos:** Son todos aquellos elementos en donde se prestara más atención, dado que una falla en estas puede comprometer la seguridad o producción en forma más seria.

**Puntos críticos:** Será la segunda prioridad de atención, ya que una falla o rotura puede afectar la seguridad o producción, aunque en menor grado.

**Puntos importantes:** Es la tercera prioridad de atención, la falla de uno de estos elementos no afectara totalmente la producción.

**Puntos secundarios:** Produce una parada y afecta un poco la producción.

**Tipos de tareas a realizar:**

Inspecciones visuales: Consiste en observar todos los elementos del equipo de manera superficial.

Lubricación: Es para reducir la resistencia o fricción de los elementos.

Verificaciones: Realizadas con instrumentos externos del equipo o propios, tales como: la toma de datos de presión, temperatura, vibraciones, etc. (instrumentos propios), termómetros por infrarrojo, detección de fugas (instrumentos externos).

**Tareas condicionales:** Se harán dependiendo del estado en que se encuentre el equipo. No es necesario realizarlas si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado. Estas tareas pueden ser:

Limpieza: Si el equipo da muestra de encontrarse sucio.

Ajustes: Si se reflejan desajustes en algunos elementos del equipo.

Cambios de pieza: Esto si tras una inspección o verificación se observa que es necesario realizar la sustitución de algún elemento.

**Tareas sistemáticas:** Realizadas cada cierto tiempo, sin importar como se encuentra el equipo.

**Grandes revisiones:** Tiene como objetivo dejar el equipo como si tuviera cero horas de funcionamiento.

Las tareas antes explicadas se reagruparan en lo que se conoce como Gama de mantenimiento, que son una lista de tareas a realizar en el equipo, la información que tendrán serán las siguientes:

Descripción de la tarea.

Resultado de la realización.

Valor de referencia, en el caso de que la tarea consista en una lectura de parámetros, una medición o una observación.

Existen dos tipos de Gamas: **Gamas por Frecuencia** (diarias, mensuales, anuales, etc.) y **Gamas por Especialidad** (de operación, mecánicas, eléctricas, predictivas, etc.)

Sin embargo se retomaran las Gamas por Frecuencia, considerando que se proyecta un uso promedio del Horno de seis veces al año, durante cinco horas (incluyendo la preparación del horno), esto facilita establecer un rango de tiempo de revisión.

Cabe señalar que no se realizarán Gamas diarias, pues el Horno no se usará con gran frecuencia, lo cual implicaría elevar el costo de mantenimiento, que no será recuperado.

**Gamas Quincenales:** Implican tareas que se realizan fácilmente, la mayor parte de ellas se refieren a ruidos, vibraciones extrañas, control visual de fugas) y pequeños trabajos de limpieza y engrase (lubricación).

Es recomendable luego de hacer la revisión, llevar un registro de todo lo que se hizo, los problemas encontrados y los resultados obtenidos.

**Gamas después de cada fundida:** Preferiblemente se realizara después del siguiente día de que se realizo el trabajo en el equipo, implica algunos casos de desmontaje, paradas de equipos o toma de datos más laboriosas. Es el caso de limpieza interiores que necesitan del desmontaje de determinados elementos o medidas del consumo del motor y algunos engrases.

**Gamas anuales:** En algunos casos será necesario realizar una revisión completa del equipo, o bien una serie de tareas que no se justifica realizar con una pericia menor. Es el caso de cambios de rodamientos, limpieza de interior de Bomba, así como la revisión de sus elementos internos, como pueden ser el estopaje, válvulas, mecanismo de impulsión del fluido, etc., balanceado de Ventilador.

A continuación se muestra los formatos para cada tipo de Gama a utilizar.

Gama N° 1			
Gama de Mantenimiento Preventivo		Frecuencia: Quincenal.	Código de Gama
Inspección General Quincenal		Edición: Fecha:	Hoja:
Operarios:			
Hora inicio:		Hora final:	T. normal:
Herramientas		Equipo de protección:	
Riesgos del trabajo y medidas preventivas			
Equipo:	Descripción:	Resultado:	Valor de Ref.
Observaciones			

[Tabla 2.18 Formato para Gama 1.](#)

Gama Nº 2			
Gama de Mantenimiento Preventivo	Frecuencia:	Código de Gama	
	Después de c/trab.		
Inspección General Quincenal		Edición:	Hoja:
		Fecha:	
Operarios:			
Hora inicio:	Hora final:		T. normal:
Herramientas:		Equipo de protección:	
Riesgos del trabajo y medidas preventivas:			
Element. del equipo:	Descripción:	Resultado:	Valor de Ref.
Observaciones			

[Tabla 2.19 Formato para Gama 2.](#)

Gama Nº 3			
Gama de Mantenimiento Preventivo	Frecuencia:	Código de Gama	
	Después de c/trab.		
Revisión General Anual		Edición:	Hoja:
		Fecha:	
Operarios			
Hora inicio:	Hora final:		T. normal:
Herramientas		Equipo de protección:	
Riesgos del trabajo y medidas preventivas			
Equipo:	Descripción:	Resultado:	Valor de Ref.
Observaciones			

[Tabla 2.20 Formato para Gama 3.](#)

Tabla 2.21 Instructivo para llenar los formatos de las gamas de mantenimiento preventivo.

Gama N° 1			
Gama de Mantenimiento Preventivo	Frecuencia:	Código de Gama = N° DE LA ORDEN DE TRABAJO	
	Quincenal.		
Inspección General Quincenal		Edición: = versión del documento	Hoja: N° de hoja del total de ordenes de trabajo asignados
		Fecha: =Fecha de inicio del mtto.	
Hora inicio: =Hora en la que empezo a dar el mantenimiento.	Hora final:		T. normal:
Herramientas:		Equipo de protección:	
<p>Especificar las herramientas necesarias para el mantenimiento, se puede también retroalimentar sobre las herramientas que el ejecutor del mantenimiento crea convenientes para poder desempeñar un mejor trabajo</p>		<p>El(los) programador(es) del mantenimiento deben de dar a conocer los utensilios de seguridad que deben de portar el(los) ejecutores de mtto.; el técnico también puede retroalimentar sobre utensilios que crea que le puedan servir, se debe de tener en cuenta que se pueden agregar, pero no se pueden quitar de la matriz de seguridad elementos.</p>	



<b>Riesgos del trabajo y medidas preventivas:</b>			
<p>En esta casilla el(los) programador(es) de mtto deben de dar a conocer todos los posibles riesgos que pueden enfrentar los ejecutores de mtto; se debe de dar suficiente espacio para que el técnico anote sus observaciones con respecto a este aspecto del mtto.</p>			
<b>Equipo:</b>	<b>Descripción:</b>	<b>Resultado:</b>	<b>Valor de Ref.</b>
Nombre del equipo a analizar	Nº de parte o código del equipo	Resultado de la inspección	Valor nominal del equipo
<p>Observaciones: = Observaciones de los ejecutores de mantenimiento sobre aspectos relacionados a la gama, como por ejemplo la duración del mtto, retroalimentaciones sobre funcionamiento de los equipos, reporte de materiales que se haga falta de comprar para poder dar el mtto., ya sea que se hayan agotado del almacén de repuestos industriales o porque nunca se hayan comprado.</p>			

En la tabla 2.22 se puede ver las partes del horno, como también las acciones de mantenimiento a realizar.

[Tabla 2.22 Partes del horno y mtos a realizar](#)

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>ACCESORIOS</b>	<b>PROCEDIMIENTOS</b>	<b>MODO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>BLOWER</b>	Verificación de ajuste en el eje	Manual	
	Verificación de alabes	Visual	
	Verificación de la succión y descarga	Visual	
	Verificación de ajustes acoplamiento	Manual	
	Inspeccionar la existencia de obstrucciones	Visual y Manual	
<b>COMBUSTIBLE</b>	Revisión de existencia de fugas	Detector de fugas	
	Revisión de válvula de tanque de combustible	Manual	
<b>SISTEMA DE BASCULA</b>	Lubricar sistema de basculación	Manual	
	Desmontaje y limpieza de partes	Manual	
	Lubricar Chumaceras y transmisión	Manual	
	Inspeccionar sistema de transmisión y alineación	Visual	
	Verificar los pernos de los acoples	Manual	
<b>REFRACTARIO</b>	Limpieza de escoria	Manual	
	Reparqueo y verificación del ajustes refractario	Manual	
<b>MOTOR ELECTRICO</b>	Limpieza de Bornera	Manual	
	Revisión masa tierra	Visual y Manual	
	Lubricación de rodamiento	Manual	

<b>MOTOR HIDRÁULICO</b>	Verificar que el Aceite este Limpio y su nivel.	Visual	
	Verificar la Viscosidad del Aceite	Visual	
	Verificar que no exista fuga en las tuberías y fitting	Visual	
	Verificar que no existan ruidos y vibraciones anormales o recalentamiento.	Tacto	
<b>BOMBA HIDRÁULICA</b>	Verificar el nivel de aceite	Visual	
	Verificar filtro de Aceite	Visual	
	Chequear el estado de los sellos	Visual	
	Inspeccionar fugas en conexiones y accesorios del equipo	Visual	

[Tabla 2.22 Partes del horno y mttos a realizar \(continuación\)](#)

### Indicadores en Mantenimiento:

Estos se utilizan para medir y mejorar los resultados del mantenimiento y evaluar los aspectos más importantes que definen o determinan la calidad del trabajo.

Lo que se quiere con esto es tener un sistema de procesamiento que convierta datos en información útil para tomar decisiones, para esto se debe definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en cuanto al mantenimiento.

Entre estos indicadores se tiene:

NRT: N° de revisiones totales.

NRTAP: N° de revisiones acabadas en la fecha planificada.

NRTP: N° de revisiones pendientes.

NRTE: N° de revisiones de trabajo de emergencia (prioridad máxima).

HETP: Horas estimadas de trabajo pendiente. Es la suma de las horas estimadas en cada uno de los trabajos pendientes de realización, permite conocer la carga de trabajos estimada a realizar.

ICP: Índice de cumplimiento de la planificación (mide el grado de acierto de la planificación).

$$ICP = \frac{NRTAP}{NRT} \text{ (ecuacion 2.56)}$$

$$\text{Retraso medio} = \frac{\sum \text{retraso de cada revision}}{NRT} \text{ (ecuacion 2.57)}$$

### **Índices de seguridad:**

$$Ip = \frac{N^{\circ} \text{ de jornadas perdidas} * 100}{\text{hora trabajadas}} \text{ (ecuacion 2.58)}$$

### **Índices de proporción de tipo de mantenimiento:**

Porcentajes de horas invertidas en realización de mantenimiento programado sobre horas totales.

IMP: Índice de Mantenimiento Programado.

$$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{horas totales dedicadas a mantenimiento}} \text{ (ecuacion 2.59)}$$

A continuación se enumeran las posibles fallas que pueden presentarse en el ventilador y los puntos que pueden originar dichas fallas:

Tabla 2.23 Posibles fallas que pueden presnetar los equipos y las causas que los generan.

<b>VENTILADOR</b>	
<b>FALLA</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Capacidad y presión debajo de las nominales.</b>	1. La resistencia total del sistema es más alta que la calculada.
	2. Compuertas y aspas radiales de entrada no ajustadas adecuadamente.
	3. Velocidad demasiado baja.
	4. Condiciones insuficiente de entrada o salida.
	5. Filtraciones de aire en el sistema.
	6. Rotor dañado.
	7. Sentido incorrecto de rotación.
	8. Rotor montado al revés en la flecha.
<b>Vibraciones y Ruidos</b>	1. Mal alineamiento de chumaceras, acoples, rotor o transmisión.
	2. Base de cimentación inestable.
	3. Materiales extraños sobre el rotor que causan desbalanceo.
	4. Chumaceras desgastadas.
	5. Rotor o motor dañados.
	6. Pernos o tornillos fijos, rotos o sueltos.
	7. Flecha vencida.
	8. Coples desgastados.

	9. Rotor o motor desbalanceados.
	10. Zumbido magnético de 120 ciclos debido a entrada de fuerza eléctrica.(Revise el voltaje alto o fuera de balance).
	11. El ventilador entrega más de la capacidad nominal.
	12. Compuertas o aletas radiales de entrada flojas.
	13. Ventilador gira en la dirección errónea.
	14. Vibración transmitida al ventilador desde otro punto o fuente.
<b>Chumaceras sobrecalentadas</b>	1. Demasiada grasa en las chumaceras.
	2. Alineamiento defectuoso.
	3. Rotor o motor dañados.
	4. Dañado el cojinete.
	5. Flecha doblada o vencida.
	6. Suciedad en las chumaceras.
<b>Sobrecarga de la fuente motriz</b>	1. Velocidad demasiado alta.
	2. Descarga que sobrepasa la capacidad, debido a que la resistencia existente del sistema es mas baja que la nominal.
	3. Gravedad específica o densidad del gas arriba del valor de diseño.
	4. Empaque demasiado apretado o defectuoso en ventiladores o en la caja de empaque.
	5. Sentido de rotación erróneo.
	6. Flecha vencida.

	7. Mal alineamiento.
	8. El rotor pega o se roza contra la envolvente.
	9. Chumaceras lubricadas inadecuadamente.
	10. Alambrado defectuoso del motor.

### **BOMBA HIDRAULICA:**

Posibles Fallas en la Bomba Hidráulica:

<b>BOMBA HIDRÁULICA</b>	
<b>FALLA</b>	<b>CAUSA</b>
<b>Temperatura elevada del aceite</b>	1. Válvula pegada.
	2. Válvula de alivio regulada a muy baja presión.
<b>Presión excesiva</b>	1. Válvula de alivio en mal estado.
	2. Regulación muy alta de la válvula de alivio.
<b>Falta de aceite</b>	1. Bajo nivel de aceite en el tanque.
	2. Gran succión de aire por la línea.
	3. Funcionamientos en pendientes inclinadas.
	4. Suciedad o conexiones flojas.
	5. Viscosidad del aceite.
<b>Aireación y Cavitación</b>	1. Conexiones flojas.
	2. Fugas en el sistema.
	3. Agitación del aceite en el tanque.

	4. Restricción de la línea de succión de la Bomba.
<b>Contaminación por materias finas y gruesas</b>	1. Desgastes en los componentes de la misma.
	2. Acceso de partículas al sistema.
<b>La bomba recalienta</b>	1. Partes giratorias rozando.
	2. Impulsor desbalanceado.
	3. Sello mecánico demasiado comprimido.
	4. Excesivo ajuste de los rodamientos.
<b>La bomba vibra o es ruidosa</b>	1. Válvula de retención demasiado pequeña.
	2. Válvula de retención obstruida.
	3. Impulsor obstruido.
	4. Partes giratorias rozando.
	5. Impulsor dañado o desbalanceado.
	6. Excesivo empuje hidráulico.
	7. Excesivo ajuste de rodamientos.
	8. Falta de lubricación de rodamientos.
	9. Suciedad y/u oxidación de los rodamientos.



## **RECOMENDACIONES**

Para la correcta quema del combustible se recomienda prestar sumo cuidado con la dosificación de los flujos operantes (aire y combustible) a través de instrumentos de control como manómetros; recordando que el quemador trabaja a ciertos valores de presión, para ello es práctico asignar a un operador que se dedique solamente a esta actividad y en su defecto evitar la excesiva rotación del personal encargado de la fundición, tanto a nivel operativo como a nivel de mantenimiento.

Se recomienda que una vez finalizada la fusión de la carga metálica, se haga la limpieza del quemador a nivel externo como a nivel interno y verificar el estado del mismo para prevenir daños prematuros causados por atascamiento de sedimentos. También es práctico verificar luego de cada jornada de trabajo del horno el estado de los ladrillos refractarios y curar la pared refractaria, esto para prevenir fatiga temprana en producción, lo cual implique pérdida de materia prima y deterioros serios en la infraestructura de las paredes.

Llevar control de las ordenes de trabajo asignadas en físico (hojas de papel) y en digital (archivos electrónicos como bases de datos, hojas de cálculo o cualquier otro tipo de archivo similar) para llevar control de los costes de mantenimiento, gestión de repuestos, control de horas de trabajo para la planificación oportuna de mantenimientos futuros y también para poder hacer estudios estadísticos en torno a la duración de la vida de servicio de los elementos del sistema.

## **CONCLUSIONES:**

Como conclusiones, primero se listan algunos resultados que se obtuvieron en el diseño del horno:

- El calor total que se calculó para poder fundir la carga metálica es de 2,605,457.294KJ, obtenidos a través de iteraciones y en función de las características térmicas de los elementos involucrados en el horno de crisol basculante.
- Con tal cantidad de calor, se obtuvo que el horno tiene un rendimiento térmico de 59%.
- El sistema de alimentación de fluidos hacia el quemador se dimensionó en función de las acometidas del mismo, es decir 2"NPS para el aire y 3/8"NPS para el combustible.
- La selección de la bomba de combustible y el compresor de aire se hizo, principalmente, gracias los resultados obtenidos de la ecuación 2.4 y las propiedades de los fluidos, combustible y aire de alimentación.
- La mayoría de cálculos respecto al mecanismo de vertido se hicieron tomando como dato primordial el peso del horno de crisol con todos sus componentes y la carga metálica.

Se concluye que para el diseño preciso de un horno en general, desde el punto de vista térmico, se necesitan las bases para poder determinar de una manera más acertada los focos de calor en el horno, es decir es preciso para estudios posteriores en esta materia, se monten laboratorios especializados a fin, para ahorrarle al proyectista el largo proceso de iteración para poder determinar estos focos. Dado a la importancia que cobra tener un recurso como es un horno para fundir piezas y evitar costos excesivos por compra de repuestos, resulta llamativo para instituciones de educación como universidades y centros de formación técnica impulsar estos laboratorios.

## **BIBLIOGRAFIA**

- **G. S. Pisarenko, A. P. Yakovlev, V. V, Matveev, Manual de Resistencia de Materiales, editorial MIRR Moscu, 1ra. edicion 1979.**
- **G. Pankratov, Problemas de Termo Tecnia, MIRR Moscu, 1987.**
- **L. C. Morrow, Manual de Mantenimiento Industrial, México. 1ra, 2da, 3ra Edición, Editorial continental S. A.**
- **Mott L. Robert, Diseño de Elementos de Maquinas, México, 2da edición.**
- **Theodore Baumeister, Manual de Ingeniero Mecánico, Colombia, 2da. Edición.**
- **W.H. Severns, H.E.Degler, J.C. Miles; Energía Mediante Vapor, Aire o Gas.**
- **V.A. Kudrin; Metalurgia del Acero.**
- **Jütz Hermann; Scharkus Eduard; Lobert Rolf; Tablas para la industria metalúrgica; 3ra. edición.**
- **CRANE CO.; Flow of fluids through valves, fittings and pipe.**
- **A.M. Lipnitski; Fundición del hierro y aleaciones de metales no ferrosos.**
- **Incropera Frank, Procesos de transferencia de calor.**

## **WEBGRAFIA**

[www.biodiesel\poder\\_calorifico.htm](http://www.biodiesel\poder_calorifico.htm)

[www.cranevalvelit.com](http://www.cranevalvelit.com)

[www.conceptos\biodiesel.com](http://www.conceptos\biodiesel.com)

[www.Monografias.com](http://www.Monografias.com)

[www.SoloMantenimiento.com](http://www.SoloMantenimiento.com)

[<www.HORNOSBASCULANTES.com>](http://www.HORNOSBASCULANTES.com)

[www.google.com](http://www.google.com)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.cranevalve.com](http://www.cranevalve.com)

**ANEXOS.**

## Physical Properties of Fluids — continued

Weight density,

specific volume, and specific gravity: The weight density or specific weight of a substance is its weight per unit volume. In the English system of units, this is expressed in pounds per cubic foot and the symbol designation used in this paper is  $\rho$  (Rho). In the metric system, the unit is grams per cubic centimeter and the symbol designation used is  $\rho'$  (Rho prime).

The specific volume  $\bar{V}$ , being the reciprocal of the weight density, is expressed in the English system as the number of cubic feet of space occupied by one pound of the substance, thus:

$$\bar{V} = \frac{1}{\rho}$$

Computations in the metric system are not commonly referred to in terms of specific volume; however, the number of cubic centimeters per gram of a substance can readily be expressed as the reciprocal of the weight density, that is:

$$\frac{1}{\rho'}$$

The variations in weight density as well as other properties of water with changes in temperature are shown on page A-6. The weight densities of other common liquids are shown on page A-7. Unless very high pressures are being considered, the effect of pressure on the weight of liquids is of no practical importance in flow problems.

The weight densities of gases and vapors, however, are greatly altered by pressure changes. For the so-called "perfect" gases, the weight density can be computed from the formula:

$$\rho = \frac{144 P'}{RT} \rightarrow P' = mRT$$

The individual gas constant  $R$  is equal to the universal gas constant,  $MR = 1544$ , divided by the molecular weight of the gas,

$$R = \frac{1544}{M}$$

Values of  $R$ , as well as other useful gas constants, are given on page A-8. The weight density of air for various conditions of temperature and pressure can be found on page A-10.

In steam flow computations, the reciprocal of the weight density, which is the specific volume, is commonly used; these values are listed in the steam tables shown on pages A-12 to A-19. A chart for determining the weight density and specific volume of gases is given on page A-11.

Specific gravity is a relative measure of weight density. Since pressure has an insignificant effect upon the weight density of liquids, temperature is the only condition that must be considered in designating the basis for specific gravity. The specific gravity of a liquid is its weight density at 60 F (unless otherwise specified) to that of water at standard temperature, 60 F.

$$S = \frac{\rho}{\rho_{\text{water at 60 F}}} \left\{ \begin{array}{l} \text{any liquid at 60 F,} \\ \text{unless otherwise specified} \end{array} \right\} \rightarrow \text{divided} \\ \text{specific}$$

A hydrometer can be used to measure the specific gravity of liquids directly. Three hydrometer scales are common in this country . . . the API scale which is used for oils . . . and the two Baumé scales, one for liquids heavier than water and one for liquids lighter than water. The relationship between the hydrometer scales and specific gravity are:

For oils,

$$S (60 \text{ F}/60 \text{ F}) = \frac{141.5}{131.5 + \text{deg. API}}$$

For liquids lighter than water,

$$S (60 \text{ F}/60 \text{ F}) = \frac{140}{130 + \text{deg. Baumé}}$$

For liquids heavier than water,

$$S (60 \text{ F}/60 \text{ F}) = \frac{145}{145 - \text{deg. Baumé}}$$

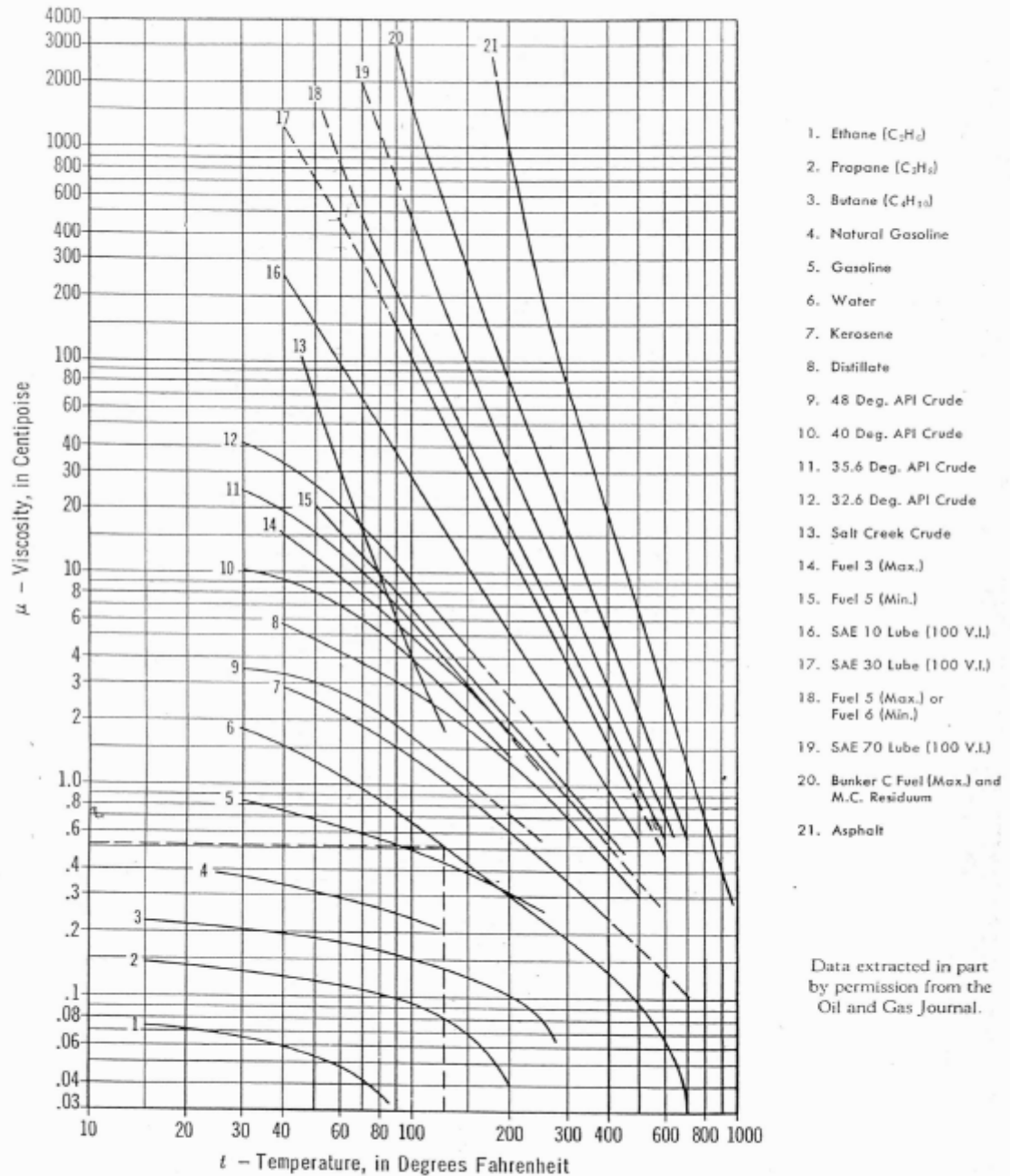
For convenience in converting hydrometer readings to more useful units, refer to the table shown on page B-7.

The specific gravity of gases is defined as the ratio of the molecular weight of the gas to that of air, and as the ratio of the individual gas constant of air to that of the gas.

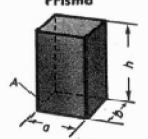
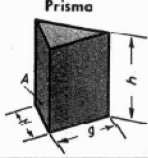
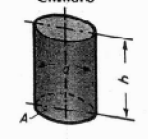
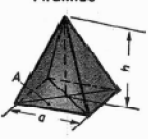
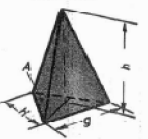
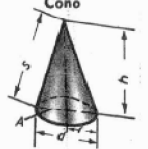
$$S_g = \frac{R(\text{air})}{R(\text{gas})} = \frac{M(\text{gas})}{M(\text{air})}$$

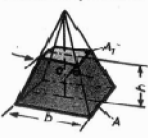
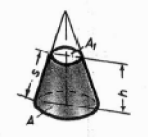
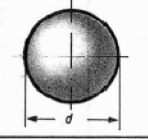
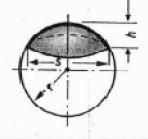
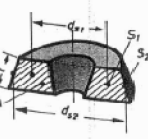
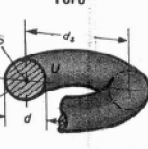
$$* 60^\circ \text{ F} \approx 15.56^\circ \text{ C}$$

# Viscosity of Water and Liquid Petroleum Products<sup>8, 12, 23</sup>



**Example:** The viscosity of water at 125 F is 0.52 centipoise (Curve No. 6).

MAGNITUDES DE LOS CUERPOS		
	<p><b>Prisma</b></p> <p><math>A = \text{área de la base}</math>  <b>Volumen = área de la base · altura</b>  <math>V = A \cdot h</math></p>	<p><b>Superficie exterior</b></p> <p><math>A_0 = 2A_0 + 4A_0</math>  <math>A = \text{cuadrado}</math>  <math>A_0 = 2A_0 + 2A_0 + 2A_0</math>  <math>A = \text{rectángulo}</math></p>
	<p><b>Prisma</b></p> <p><math>V = A \cdot h</math></p>	<p><math>A_0 = 2A_0 + 3A_0</math>  <math>A = \text{triángulo equilátero}</math>  <math>A_0 = 2A_0 + A_0 + A_0 + A_0</math>  <math>A = \text{triángulo escaleno}</math>  <math>A_0 = 2A_0 + n \cdot A_0</math>  <math>A = \text{polígono n lados iguales}</math></p>
	<p><b>Cilindro</b></p> <p><math>V = A \cdot h</math></p>	<p><b>Superficie total</b></p> <p><math>A_0 = \pi \cdot d \cdot h</math></p>
	<p><b>Pirámide</b></p> <p><b>Volumen = <math>\frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{3}</math></b></p> <p><math>V = \frac{A \cdot h}{3}</math></p>	<p><b>Superficie total</b></p> <p><math>A_0 = A_0 + 4A_0</math>  <math>A = \text{cuadrado}</math>  <math>A_0 = A_0 + 2A_0 + 2A_0</math>  <math>A = \text{rectángulo}</math></p>
	<p><b>Pirámide</b></p> <p><math>V = \frac{A \cdot h}{3}</math></p>	<p><math>A_0 = A_0 + 3A_0</math>  <math>A = \text{triángulo equilátero}</math>  <math>A_0 = A_0 + A_0 + A_0 + A_0</math>  <math>A = \text{triángulo escaleno}</math>  <math>A_0 = A_0 + n \cdot A_0</math>  <math>A = \text{polígono n lados iguales}</math></p>
	<p><b>Cono</b></p> <p><math>V = \frac{A \cdot h}{3}</math></p>	<p><math>A_0 = \frac{\pi}{4} \cdot d(d + 2s)</math></p> <p><b>Superficie lateral</b></p> <p><math>A_0 = \pi \cdot d \cdot s</math>  <math>A_0 = \pi \cdot r \sqrt{r^2 + h^2}</math></p>

<p><b>Superficie total</b></p> <p><math>A_0 = \text{Suma de todas las áreas}</math></p>	<p><math>V = \frac{h}{3} \cdot (a^2 + a \cdot b + b^2)</math> <math>A = \text{Cuadrado}</math>  <math>V = A_m \cdot h</math> <math>V = \left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot h</math> <math>A = \text{Cuadrado}</math>  <math>V = \frac{h}{3} \cdot (A + \sqrt{A \cdot A_1} + A_1)</math> <math>A = \text{Polig. n lados}</math></p>	<p><b>Tronco de pirámide</b></p> 
<p><b>Superficie lateral</b></p> <p><math>A_M = \pi \cdot \frac{d+D}{2} \cdot s</math>  <math>s = \sqrt{h^2 + (R-r)^2}</math></p> <p><b>Superficie total</b></p> <p><math>A_0 = A + A_1 + A_M</math></p>	<p><math>V = \frac{\pi}{12} \cdot h \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)</math> <math>\frac{\pi}{12} = 0,261</math></p>	<p><b>Tronco de Cono</b></p> 
<p><b>Superficie total</b></p> <p><math>A_0 = \pi \cdot d^2</math></p>	<p><math>V = \frac{2}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^3 \cdot d</math></p> <p><math>V = \frac{\pi}{6} \cdot d^3</math></p> <p><math>V = 0,5236 \cdot d^3</math></p>	<p><b>Esfero</b></p> 
<p><b>Superficie lateral</b></p> <p><math>A_M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h</math></p> <p><math>A_M = \frac{\pi}{4} (s^2 + 4h^2)</math></p>	<p><math>V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(r - \frac{h}{3}\right)</math>  o bien  <math>V = \pi \cdot h \cdot \left(\frac{s^2}{8} + \frac{h^2}{6}\right)</math></p>	<p><b>Casquete esférico</b></p> 
<p><b>Superficie lateral</b></p> <p><math>A_M = l \cdot \pi \cdot d_2</math></p> <p><b>Superficie total</b></p> <p><math>A_0 = U_1 \cdot \pi \cdot d_1</math>  <math>U_1 = \text{Perímetro superl.}</math></p>	<p><b>Regla de Guldin</b></p> <p><math>V = \text{Superf. generatriz} \cdot \text{recorrido c. d. g.}</math>  <math>M = \text{Arista generatriz} \cdot \text{recorrido c. d. g.}</math>  <math>S = \text{Centro de gravedad}</math></p> <p><math>V = A \cdot \pi \cdot d_1</math></p>	<p><b>Cuerpo de revolución</b></p> 
<p><b>Superficie total</b></p> <p><b>Superficie lateral</b></p> <p><math>A_0 = A_M + U \cdot \pi \cdot d_1</math></p> <p><math>A_0 = \pi \cdot d \cdot \pi \cdot d_1</math></p>	<p><math>V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \pi \cdot d_1</math></p>	<p><b>Toro</b></p> 

ANEXO A-3 TABLAS PARA EL CÁLCULO DE VOLUMENES DE DISTINTOS CUERPOS GEOMETRICOS.



**ANEXO A-4 DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS COMERCIALES DE ACERO AL CARBON DE DISTINTOS CALIBRES SISTEMA  
TRABAJA CON TUBERIA CALIBRE 40 DE 3/8" Y DE 2", PARA EL COMBUSTIBLE Y EL AIRE, RESPECTIVAMENTE.**

**Commercial Wrought Steel Pipe Data**

Schedule Wall Thickness—Per ASA B36.10-1950

	Nominal Pipe Size  Inches	Outside Diameter  Inches	Thick- ness  Inches	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)				Transverse Internal Area	
				d	D	d <sup>2</sup>	d <sup>3</sup>	d <sup>4</sup>	d <sup>5</sup>	a	A
				Inches	Feet					Sq. In.	Sq. Ft.
Schedule 10	14	14	0.250	13.5	1.125	182.25	2460.4	33215.	448400.	143.14	0.994
	16	16	0.250	15.5	1.291	240.25	3723.9	57720.	894660.	188.69	1.310
	18	18	0.250	17.5	1.4583	306.25	5359.4	93789.	1641309.	240.53	1.670
	20	20	0.250	19.5	1.625	380.25	7414.9	144590.	2819500.	298.65	2.074
	24	24	0.250	23.5	1.958	552.25	12977.	304980.	7167030.	433.74	3.012
	30	30	0.312	29.376	2.448	862.95	25350.	744288.	21864218.	677.76	4.707
Schedule 20	8	8.625	0.250	8.125	0.6771	66.02	536.38	4359.3	35409.	51.85	0.3601
	10	10.75	0.250	10.25	0.8542	105.06	1076.9	11038.	113141.	82.52	0.5731
	12	12.75	0.250	12.25	1.021	150.06	1838.3	22518.	275855.	117.86	0.8185
	14	14	0.312	13.376	1.111	178.92	2393.2	32012.	428185.	140.52	0.9758
	16	16	0.312	15.376	1.281	236.42	3635.2	55894.	859442.	185.69	1.290
Schedule 30	18	18	0.312	17.376	1.448	301.92	5246.3	91156.	1583978.	237.13	1.647
	20	20	0.375	19.250	1.604	370.56	7133.3	137317.	2643352.	291.04	2.021
	24	24	0.375	23.25	1.937	540.56	12568.	292205.	6793832.	424.56	2.948
	30	30	0.500	29.00	2.417	841.0	24389.	707281.	20511149.	660.52	4.587
	8	8.625	0.277	8.071	0.6726	65.14	525.75	4243.2	34248.	51.16	0.3553
Schedule 40	10	10.75	0.307	10.136	0.8447	102.74	1041.4	10555.	106987.	80.69	0.5603
	12	12.75	0.330	12.09	1.0075	146.17	1767.2	21366.	258304.	114.80	0.7972
	14	14	0.375	13.25	1.1042	175.56	2326.2	30821.	408394.	137.88	0.9575
	16	16	0.375	15.25	1.2708	232.56	3546.6	54084.	824801.	182.65	1.268
	18	18	0.438	17.124	1.4270	293.23	5021.3	85984.	1472397.	230.30	1.599
Schedule 60	20	20	0.500	19.00	1.5833	361.00	6859.0	130321.	2476099.	283.53	1.969
	24	24	0.562	22.876	1.9063	523.31	11971.	273853.	6264703.	411.00	2.854
	30	30	0.625	28.75	2.3958	826.56	23764.	683201.	19642160.	649.18	4.508
	1/8	0.405	0.068	0.269	0.0224	0.0724	0.0195	0.005242	0.00141	0.057	0.00040
	1/4	0.540	0.088	0.364	0.0303	0.1325	0.0482	0.01756	0.00639	0.104	0.00072
Schedule 80	3/8	0.675	0.091	0.493	0.0411	0.2430	0.1198	0.05905	0.02912	0.191	0.00133
	1/2	0.840	0.109	0.622	0.0518	0.3869	0.2406	0.1497	0.09310	0.304	0.00211
	3/4	1.050	0.113	0.824	0.0687	0.679	0.5595	0.4610	0.3799	0.533	0.00371
	1	1.315	0.133	1.049	0.0874	1.100	1.154	1.210	1.270	0.864	0.00600
	1 1/4	1.660	0.140	1.380	0.1150	1.904	2.628	3.625	5.005	1.495	0.01040
Schedule 100	1 1/2	1.900	0.145	1.610	0.1342	2.592	4.173	6.718	10.82	2.036	0.01414
	2	2.375	0.154	2.067	0.1722	4.272	8.831	18.250	37.72	3.355	0.02330
	2 1/2	2.875	0.203	2.469	0.2057	6.096	15.051	37.161	91.75	4.788	0.03322
	3	3.500	0.216	3.068	0.2557	9.413	28.878	88.605	271.8	7.393	0.05130
	3 1/2	4.000	0.226	3.548	0.2957	12.59	44.663	158.51	562.2	9.886	0.06870
Schedule 120	4	4.500	0.237	4.026	0.3355	16.21	65.256	262.76	1058.	12.730	0.08840
	5	5.563	0.258	5.047	0.4206	25.47	128.56	648.72	3275.	20.006	0.1390
	6	6.625	0.280	6.065	0.5054	36.78	223.10	1352.8	8206.	28.891	0.2006
	8	8.625	0.322	7.981	0.6651	63.70	508.36	4057.7	32380.	50.027	0.3474
	10	10.75	0.365	10.02	0.8350	100.4	1006.0	10080.	101000.	78.855	0.5475
Schedule 160	12	12.75	0.406	11.938	0.9965	142.5	1701.3	20306.	242470.	111.93	0.7773
	14	14.0	0.438	13.124	1.0937	172.24	2260.5	29666.	389340.	135.28	0.9394
	16	16.0	0.500	15.000	1.250	225.0	3375.0	50625.	759375.	176.72	1.2272
	18	18.0	0.562	16.876	1.4063	284.8	4806.3	81111.	1368820.	223.68	1.5533
	20	20.0	0.593	18.814	1.5678	354.0	6659.5	125320.	2357244.	278.00	1.9305
Schedule 200	24	24.0	0.687	22.626	1.8855	511.9	11583.	262040.	5929784.	402.07	2.7921
	8	8.625	0.406	7.813	0.6511	61.04	476.93	3725.9	29113.	47.94	0.3319
	10	10.75	0.500	9.750	0.8125	95.06	926.86	9036.4	88110.	74.66	0.5185
	12	12.75	0.562	11.626	0.9688	135.16	1571.4	18268.	212399.	106.16	0.7372
	14	14.0	0.593	12.814	1.0678	164.20	2104.0	26962.	345480.	128.96	0.8956
Schedule 240	16	16.0	0.656	14.688	1.2240	215.74	3168.8	46544.	683618.	169.44	1.1766
	18	18.0	0.750	16.500	1.3750	272.25	4492.1	74120.	1222982.	213.83	1.4849
	20	20.0	0.812	18.376	1.5313	337.68	6205.2	114028.	2095342.	265.21	1.8417
	24	24.0	0.968	22.064	1.8387	486.82	10741.	236994.	5229036.	382.35	2.6552
Schedule 360	1/8	0.405	0.095	0.215	0.0179	0.0462	0.00994	0.002134	0.000459	0.036	0.00025
	1/4	0.540	0.119	0.302	0.0252	0.0912	0.0175	0.008317	0.002513	0.072	0.00050
	3/8	0.675	0.126	0.423	0.0353	0.1789	0.0757	0.03200	0.01354	0.141	0.00098
	1/2	0.840	0.147	0.546	0.0455	0.2981	0.1628	0.08886	0.04852	0.234	0.00163
	3/4	1.050	0.154	0.742	0.0618	0.5506	0.4085	0.3032	0.2249	0.433	0.00300
Schedule 480	1	1.315	0.179	0.957	0.0797	0.9158	0.8765	0.8387	0.8027	0.719	0.00499
	1 1/4	1.660	0.191	1.278	0.1065	1.633	2.087	2.6667	3.409	1.283	0.00891

(continued on the next page)

DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA, DIAMETRO EXTERIOR Y ESPESOR; DE IZQUIERDA A DERECHA COMO MUESTRA  
LA TABLA.





Características físicas de los metales puros							
Sustancia (elemento)	Módulo de elasticidad E kN/mm <sup>2</sup>	Capacidad cal. especf. (20-100°C) J/g K	Calor de fusión J/g	Conductiv. calorífica $\lambda$ (°C) W/m K	Resist. eléctrica específica $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m	Punto de ebullición °C	Símbolo
Aluminio	72	0,896	397	231	0,0265	≈ 2500	Al
Antimonio	80	0,21	165	231	0,386	1635	Sb
Plomo	20	0,128	24	35,3	0,21	1750	Pb
Cadmio	51	0,233	57	96,2	0,0724	767	Cd
Calcio	23	0,68	329		0,040	1492	Ca
Cromo		0,44	294		0,150	≈ 2500	Cr
Hierro	≈ 210	0,47	269	72,3	0,100	3070	Fe
Oro	79	0,13	67	310	0,0206	2950	Au
Iridio	538	0,134		58,5	0,493	4527	Ir
Cobalto	215	0,427	273	68,6	0,056	3185	Co
Cobre	125	0,385	212	395	0,0172	2595	Cu
Magnesio	29	0,102	208	143	0,043	1105	Mg
Manganeso		0,486	271	50	0,39	2041	Mn
Molibdeno	326	0,247	288	142	0,050	5550	Mo
Sodio		1,165	115	138	0,043	881	Na
Níquel	193		302	92,2	0,069	2730	Ni
Osmio	570	0,131	147		0,095	4400	Os
Platino		0,135	101	71,2	0,0981	≈ 3800	Pt
Mercurio		0,139	12	8,05	0,9407	356,6	Hg
Selenio		0,377	83			68,5	Se
Plata	82	0,234	106	410	0,0149	2177	Ag
Silicio	115	0,71	1665		1000	2600	Si
Tantalio	188	0,138		54,5	0,14	4100	Ta
Titanio		0,616			0,42	3260	Ti
Uranio		0,106		29,85	0,21	≈ 3500	U
Vanadio		0,487				3000	V
Bismuto	33	0,125	53	8,3	1,11	1560	Bi
Wolframio	415	0,135	191	162	0,05	≈ 6000	W
Cinc	130	0,388	96	113	0,057	908,5	Zn
Estaño	55	0,227	58	66	0,115	2507	Sn

ANEXO A-6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS METALES PUROS.

Longitud	Volumen
1 ft = 12 in = 0,3048 m 1 mi = 5280 ft = 1609,344 m 1 milla náutica (mn) = 6076 ft = 1852 m 1 yd = 3 ft = 0,9144 m 1 angstrom (Å) = $1,0 \times 10^{-10}$ m	1 ft³ = 0,028317 m³ 1 galón (gal) (EE.UU.) = 231 in³ = 0,0037854 m³ 1 litro = 0,001 m³ = 0,035315 ft³ 1 onza líquida (EE.UU.) = $2,9574 \times 10^{-5}$ m³ 1 cuarto (qt) (EE.UU.) = $9,4635 \times 10^{-4}$ m³
Masa	Área
1 slug = 32,174 lbm = 14,594 kg 1 lbm = 0,4536 kg 1 tonelada (EE.UU.) = 2000 lbm = 907,185 kg 1 tonelada = 1000 kg	1 ft² = 0,092903 m² 1 mi² = $2,78784 \times 10^7$ ft² = $2,59 \times 10^6$ m² 1 acre = 43.560 ft² = 4046,9 m² 1 hectárea (ha) = 10.000 m²
Velocidad	Aceleración
1 ft/s = 0,3048 m/s 1 mi/h = 1,466666 ft/s = 0,44704 m/s 1 nudo (kn) = 1 mn/h = 1,6878 ft/s = 0,5144 m/s	1 ft/s² = 0,3048 m/s²
Gasto másico	Flujo volumétrico
1 slug/s = 14,594 kg/s 1 lbm/s = 0,4536 kg/s	1 gal/min = 0,002228 ft³/s = 0,06309 L/s 1 × 10⁶ gal/día = 1,5472 ft³/s = 0,04381 m³/s
Presión	Fuerza
1 lbf/ft² = 47,88 Pa 1 lbf/in² = 144 lbf/ft² = 6895 Pa 1 atm = 2116,2 lbf/ft² = 14,696 lbf/in² = 101,325 Pa 1 inHg (a 20 °C) = 3375 Pa 1 bar = $1,0 \times 10^5$ Pa	1 lbf = 4,448222 N = 16 oz 1 kgf = 2,2046 lbf = 9,80665 N 1 tonelada fuerza (EE.UU.) = 2000 lbf 1 dyne = $1,0 \times 10^{-5}$ N 1 onza (oz) (avoirdupois) = 0,27801 N
Energía	Potencia
1 ft · lbf = 1,35582 J 1 Btu = 252 cal = 1055,056 J = 778,17 ft · lbf 1 kilowatio hora (kWh) = $3,6 \times 10^6$ J	1 CV = 550 ft · lbf/s = 745,7 W 1 ft · lbf/s = 1,3558 W 1 CV = 75 kp·m/s

#### ANEXO A-7 TABLAS DE CONVERSION.



Peso específico	Densidad
1 lbf/ft <sup>3</sup> = 157,09 N/m <sup>3</sup>	1 slug/ft <sup>3</sup> = 515,38 kg/m <sup>3</sup> 1 lbm/ft <sup>3</sup> = 16,0185 kg/m <sup>3</sup> 1 g/cm <sup>3</sup> = 1000 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad	Viscosidad cinemática
1 slug/(ft · s) = 47,88 kg/(m · s) 1 poise (P) = 1 g/(cm · s) = 0,1 kg/(m · s)	1 ft <sup>2</sup> /h = 0,000025806 m <sup>2</sup> /s 1 stokes (St) = 1 cm <sup>2</sup> /s = 0,0001 m <sup>2</sup> /s

Lectura de escalas de temperatura			
$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$	$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$	$T_R = T_F + 459,69$	$T_K = T_C + 273,16$
Donde los subíndices F, C, R, y K se refieren a lecturas en las escalas Fahrenheit, Celsius, Kelvin y Rankine, respectivamente.			
Calor específico o constante de los gases*	Conductividad térmica*		
1 ft · lbf/(slug · °R) = 0,16723 N · m/(kg · K) 1 Btu/(lbm · °R) = 4186,8 J/(kg · K)	1 Btu/(H · ft · °R) = 1,7307 W/(m · K)		

	Para convertir	En	Multiplicar por
Aceleración	ft/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	0,3048
Área	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	9,2903 × 10 <sup>-2</sup>
	mi <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	2,5900 × 10 <sup>6</sup>
	acres	m <sup>2</sup>	4,0469 × 10 <sup>3</sup>
Calor específico	ft <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> · °R)	m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> · K)	1,6723 × 10 <sup>-1</sup>
Densidad	slug/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	5,1538 × 10 <sup>2</sup>
	lbm/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	1,6019 × 10 <sup>1</sup>
Energía	ft · lbf	J	1,3558
	Btu	J	1,0551 × 10 <sup>3</sup>
	cal	J	4,1868
Flujo o gasto másico	slug/s	kg/s	1,4594 × 10 <sup>1</sup>
	lbm/s	kg/s	4,5359 × 10 <sup>-1</sup>
Flujo volumétrico	ft <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	2,8317 × 10 <sup>-2</sup>
	galones/min	m <sup>3</sup> /s	6,3090 × 10 <sup>-5</sup>
Fuerza	lbf	N	4,4482
	kgf	N	9,8067

#### ANEXO A-7 CONTINUACION

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K)									
		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg · K)	$k$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m · K)/ $c_p$ (J/kg · K)									
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Aluminio puro	933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218					
						482	798	949	1033	1146					
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186						
						473	787	925	1042						
Aleación 195, vaciado (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2			174	185						
Armco (99.75% puro)		7870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3	28.7	31.4		
						215	384	490	574	680	975	609	654		
Berilio	1550	1850	1825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8	78.7			
						203	1114	2191	2604	2823	3018	3227	3519		
Bismuto	545	9780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04							
						112	120	127							
Boro	2573	2500	1107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85				
						128	600	1463	1892	2160	2338				
Cadmio	594	8650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7							
Cinc	693	7140	389	116	41.8	117	118	111	103						
						297	367	402	436						
Circonio	2125	6570	278	22.7	12.4	33.2	25.2	21.6	20.7	21.6	23.7	26.0	28.8	33.0	
						205	264	300	322	342	362	344	344	344	
Cromo	2118	7160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4	61.9	57.2	49.4	
						192	384	484	542	581	616	682	779	937	
Cobalto	1769	8862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1	49.3	42.5		
						236	379	450	503	550	628	733	674		
Cobre puro	1358	8933	385	401	117	482	413	393	379	366	352	339			
						252	356	397	417	433	451	480			
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14		42	52	59						
							785	460	545						

#### ANEXO A-8 PROPIEDADES TERMICAS DEL ALUMINIO (SOMBREADAS).

Tabla 4

Densidad  $\rho$ , coeficiente de conductibilidad térmica  $\lambda$ , calor específico  $c$  y temperatura máxima de trabajo  $t$  para los principales artículos refractarios [L. 24]

Denominación de los artículos	$\rho \cdot 10^{-3}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ , W/(m·°C)	$c$ , kJ/(kg·°C)	$t$ , °C
Ladrillo de chamota	1,8-1,9	0,84+0,0006 $t$	0,88+0,00230 $t$	1350-1450
Chamota alveolada	0,95	0,23+0,00023 $t$	—	1350
Chamota alveolada	0,60	0,10+0,000145 $t$	—	—

300

## ANEXO A-9 PROPIEDADES TERMICAS DE LA CHAMOTA

Tabla A.1. Viscosidad y densidad del agua a 1 atm.

$T$ , °C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ , N·s/m <sup>2</sup>	$\nu$ , m <sup>2</sup> /s	$T$ , °F	$\rho$ , slug/ft <sup>3</sup>	$\mu$ , lb·s/ft <sup>2</sup>	$\nu$ , ft <sup>2</sup> /s
0	1000	$1,788 \times 10^{-3}$	$1,788 \times 10^{-6}$	32	1,940	$3,73 \times 10^{-5}$	$1,925 \times 10^{-5}$
10	1000	$1,307 \times 10^{-3}$	$1,307 \times 10^{-6}$	50	1,940	$2,73 \times 10^{-5}$	$1,407 \times 10^{-5}$
20	998	$1,003 \times 10^{-3}$	$1,005 \times 10^{-6}$	68	1,937	$2,09 \times 10^{-5}$	$1,082 \times 10^{-5}$
30	996	$0,799 \times 10^{-3}$	$0,802 \times 10^{-6}$	86	1,932	$1,67 \times 10^{-5}$	$0,864 \times 10^{-5}$
40	992	$0,657 \times 10^{-3}$	$0,662 \times 10^{-6}$	104	1,925	$1,37 \times 10^{-5}$	$0,713 \times 10^{-5}$
50	988	$0,548 \times 10^{-3}$	$0,555 \times 10^{-6}$	122	1,917	$1,14 \times 10^{-5}$	$0,597 \times 10^{-5}$
60	983	$0,467 \times 10^{-3}$	$0,475 \times 10^{-6}$	140	1,908	$0,975 \times 10^{-5}$	$0,511 \times 10^{-5}$
70	978	$0,405 \times 10^{-3}$	$0,414 \times 10^{-6}$	158	1,897	$0,846 \times 10^{-5}$	$0,446 \times 10^{-5}$
80	972	$0,355 \times 10^{-3}$	$0,365 \times 10^{-6}$	176	1,886	$0,741 \times 10^{-5}$	$0,393 \times 10^{-5}$
90	965	$0,316 \times 10^{-3}$	$0,327 \times 10^{-6}$	194	1,873	$0,660 \times 10^{-5}$	$0,352 \times 10^{-5}$
100	958	$0,283 \times 10^{-3}$	$0,295 \times 10^{-6}$	212	1,859	$0,591 \times 10^{-5}$	$0,318 \times 10^{-5}$

## ANEXO A-10 PROPIEDADES DEL AGUA A BAJA PRESION



Tabla A.2. Viscosidad y densidad del aire a 1 atm.

$T, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$\mu, \text{N} \cdot \text{s/m}^2$	$\nu, \text{m}^2/\text{s}$	$T, ^\circ\text{F}$	$\rho, \text{slug/ft}^3$	$\mu, \text{lb} \cdot \text{s/ft}^2$	$\nu, \text{ft}^2/\text{s}$
-40	1,52	$1,51 \times 10^{-5}$	$0,99 \times 10^{-5}$	-40	$2,94 \times 10^{-3}$	$3,16 \times 10^{-7}$	$1,07 \times 10^{-4}$
0	1,29	$1,71 \times 10^{-5}$	$1,33 \times 10^{-5}$	32	$2,51 \times 10^{-3}$	$3,58 \times 10^{-7}$	$1,43 \times 10^{-4}$
20	1,20	$1,80 \times 10^{-5}$	$1,50 \times 10^{-5}$	68	$2,34 \times 10^{-3}$	$3,76 \times 10^{-7}$	$1,61 \times 10^{-4}$
50	1,09	$1,95 \times 10^{-5}$	$1,79 \times 10^{-5}$	122	$2,12 \times 10^{-3}$	$4,08 \times 10^{-7}$	$1,93 \times 10^{-4}$
100	0,946	$2,17 \times 10^{-5}$	$2,30 \times 10^{-5}$	212	$1,84 \times 10^{-3}$	$4,54 \times 10^{-7}$	$2,47 \times 10^{-4}$
150	0,835	$2,38 \times 10^{-5}$	$2,85 \times 10^{-5}$	302	$1,62 \times 10^{-3}$	$4,97 \times 10^{-7}$	$3,07 \times 10^{-4}$
200	0,746	$2,57 \times 10^{-5}$	$3,45 \times 10^{-5}$	392	$1,45 \times 10^{-3}$	$5,37 \times 10^{-7}$	$3,71 \times 10^{-4}$
250	0,675	$2,75 \times 10^{-5}$	$4,08 \times 10^{-5}$	482	$1,31 \times 10^{-3}$	$5,75 \times 10^{-7}$	$4,39 \times 10^{-4}$
300	0,616	$2,93 \times 10^{-5}$	$4,75 \times 10^{-5}$	572	$1,20 \times 10^{-3}$	$6,11 \times 10^{-7}$	$5,12 \times 10^{-4}$
400	0,525	$3,25 \times 10^{-5}$	$6,20 \times 10^{-5}$	752	$1,02 \times 10^{-3}$	$6,79 \times 10^{-7}$	$6,67 \times 10^{-4}$
500	0,457	$3,55 \times 10^{-5}$	$7,77 \times 10^{-5}$	932	$0,89 \times 10^{-3}$	$7,41 \times 10^{-7}$	$8,37 \times 10^{-4}$

ANEXO A-11 PROPIEDADES DEL AIRE A BAJA PRESION.

Composición	Punto de fusión (K)	Propiedades a 300 K				$k$ (W/m · K)/ $c_p$ (J/kg · K)									
		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg · K)	$k$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Acero puro	1810	7870	447	80,2	23,1	134 216	94,0 384	69,5 490	54,7 574	43,3 680	32,8 975	28,3 609	32,1 654		

ANEXO A-12 PROPIEDADES TERMICAS DE LA LAMINA METALICA

Tabla 9. Característica de la resistencia de los refractarios

Material refractario	Límite de resistencia a la compresión a la temperatura ambiente, kN/cm <sup>2</sup>	Temperatura del comienzo de la deformación con la carga de 20 N/cm <sup>2</sup> , °C	Refractoriedad, °C
Chamota	0,98...6,88	1350	1730
Dinas	2,45...2,94	1630	1730
Magnesita	2,94...4,90	1500	2000
Cromomagnesita	2...5	1500...1630	2000
De periclasa y espinela	4...8	> 1550	2000

ANEXO A-13 CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA DE LOS REFRACATARIOS

**Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

280	1.9022	0.830	140	7.36	15.20	9.63	0.765
300	1.7730	0.851	149	8.40	16.55	11.0	0.766
320	1.6609	0.872	156	9.39	18.05	12.5	0.754
340	1.5618	0.891	165	10.6	19.70	14.2	0.746
360	1.4743	0.908	173	11.7	21.2	15.8	0.741
380	1.3961	0.926	181	13.0	22.75	17.6	0.737
400	1.3257	0.942	190	14.3	24.3	19.5	0.737
450	1.1782	0.981	210	17.8	28.3	24.5	0.728
500	1.0594	1.02	231	21.8	32.5	30.1	0.725
550	0.9625	1.05	251	26.1	36.6	36.2	0.721
600	0.8826	1.08	270	30.6	40.7	42.7	0.717
650	0.8143	1.10	288	35.4	44.5	49.7	0.712
700	0.7564	1.13	305	40.3	48.1	56.3	0.717
750	0.7057	1.15	321	45.5	51.7	63.7	0.714
800	0.6614	1.17	337	51.0	55.1	71.2	0.716

**A-14 PROPIEDADES TERMICAS DE LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTION A DISTINTAS TEMPERATURAS****Oxígeno (O<sub>2</sub>) (continuación)**

350	1.100	0.929	233.5	21.23	29.6	29.0	0.733
400	0.9620	0.942	258.2	26.84	33.0	36.4	0.737
450	0.8554	0.956	281.4	32.90	36.3	44.4	0.741
500	0.7698	0.972	303.3	39.40	41.2	55.1	0.716
550	0.6998	0.988	324.0	46.30	44.1	63.8	0.726
600	0.6414	1.003	343.7	53.59	47.3	73.5	0.729
700	0.5498	1.031	380.8	69.26	52.8	93.1	0.744
800	0.4810	1.054	415.2	86.32	58.9	116	0.743
900	0.4275	1.074	447.2	104.6	64.9	141	0.740
1000	0.3848	1.090	477.0	124.0	71.0	169	0.733
1100	0.3498	1.103	505.5	144.5	75.8	196	0.736
1200	0.3206	1.115	532.5	166.1	81.9	229	0.725
1300	0.2960	1.125	588.4	188.6	87.1	262	0.721

**ANEXO A-14 CONTINUACION**



**Nitrógeno (N<sub>2</sub>)**

100	3.4388	1.070	68.8	2.00	9.58	2.60	0.768
150	2.2594	1.050	100.6	4.45	13.9	5.86	0.759
200	1.6883	1.043	129.2	7.65	18.3	10.4	0.736
250	1.3488	1.042	154.9	11.48	22.2	15.8	0.727
300	1.1233	1.041	178.2	15.86	25.9	22.1	0.716
350	0.9625	1.042	200.0	20.78	29.3	29.2	0.711
400	0.8425	1.045	220.4	26.16	32.7	37.1	0.704
450	0.7485	1.050	239.6	32.01	35.8	45.6	0.703
500	0.6739	1.056	257.7	38.24	38.9	54.7	0.700
550	0.6124	1.065	274.7	44.86	41.7	63.9	0.702
600	0.5615	1.075	290.8	51.79	44.6	73.9	0.701
700	0.4812	1.098	321.0	66.71	49.9	94.4	0.706
800	0.4211	1.22	349.1	82.90	54.8	116	0.715
900	0.3743	1.146	375.3	100.3	59.7	139	0.721
1000	0.3368	1.167	399.9	118.7	64.7	165	0.721
1100	0.3062	1.187	423.2	138.2	70.0	193	0.718
1200	0.2807	1.204	445.3	158.6	75.8	224	0.707
1300	0.2591	1.219	466.2	179.9	81.0	256	0.701

ANEXO A-14 CONTINUACION.

**Vapor de agua (vapor)**

380	0.5863	2.060	127.1	21.68	24.6	20.4	1.06
400	0.5542	2.014	134.4	24.25	26.1	23.4	1.04
450	0.4902	1.980	152.5	31.11	29.9	30.8	1.01
500	0.4405	1.985	170.4	38.68	33.9	38.8	0.998
550	0.4005	1.997	188.4	47.04	37.9	47.4	0.993
600	0.3652	2.026	206.7	56.60	42.2	57.0	0.993
650	0.3380	2.056	224.7	66.48	46.4	66.8	0.996
700	0.3140	2.085	242.6	77.26	50.5	77.1	1.00
750	0.2931	2.119	260.4	88.84	54.9	88.4	1.00
800	0.2739	2.152	278.6	101.7	59.2	100	1.01
850	0.2579	2.186	296.9	115.1	63.7	113	1.02

ANEXO A-14 CONTINUACION.

### Equivalents of Kinematic and Saybolt Universal Viscosity

Kinematic Viscosity, Centistokes $\nu$	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, Sec	
	At 100 F Basic Values	At 210 F
1.83	32.01	32.23
2.0	32.62	32.85
4.0	39.14	39.41
6.0	45.56	45.88
8.0	52.09	52.45
10.0	58.91	59.32
15.0	77.39	77.93
20.0	97.77	98.45
25.0	119.3	120.1
30.0	141.3	142.3
35.0	163.7	164.9
40.0	186.3	187.6
45.0	209.1	210.5
50.0	232.1	233.8
55.0	255.2	257.0
60.0	278.3	280.2
65.0	301.4	303.5
70.0	324.4	326.7
75.0	347.6	350.0
80.0	370.8	373.4
85.0	393.9	396.7
90.0	417.1	420.0
95.0	440.3	443.4
100.0	463.5	466.7
120.0	556.2	560.1
140.0	648.9	653.4
160.0	741.6	
180.0	834.2	
200.0	926.9	
220.0	1019.6	
240.0	1112.3	
260.0	1205.0	
280.0	1297.7	
300.0	1390.4	
320.0	1483.1	
340.0	1575.8	
360.0	1668.5	
380.0	1761.2	
400.0	1853.9	Saybolt Seconds equal Centistokes times 4.6673
420.0	1946.6	
440.0	2039.3	
460.0	2132.0	
480.0	2224.7	
500.0	2317.4	
Over 500	Saybolt Seconds equal Centistokes times 4.6347	

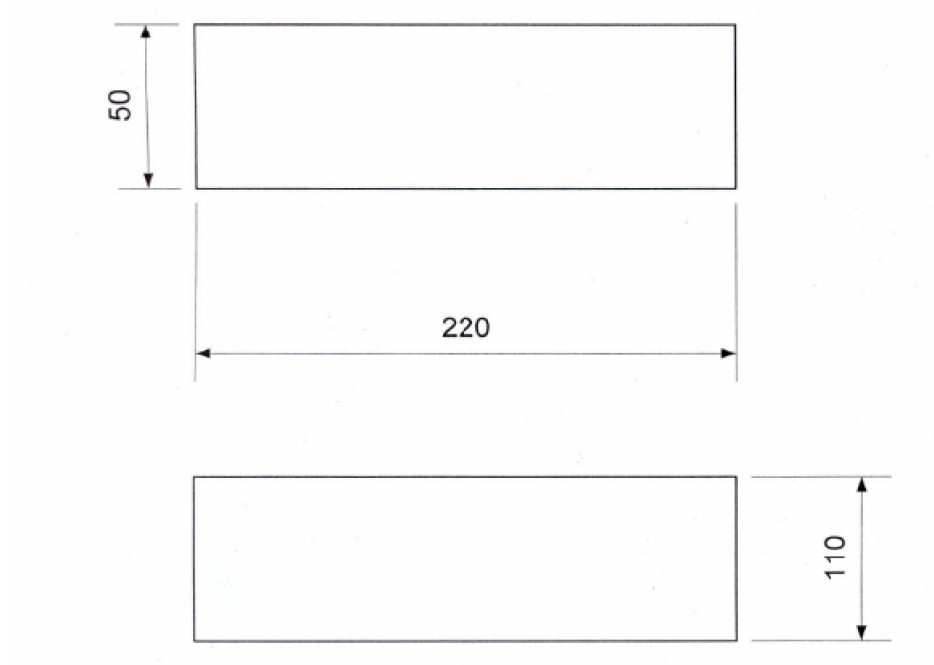
Note: To obtain the Saybolt Universal viscosity equivalent to a kinematic viscosity determined at  $t$ , multiply the equivalent Saybolt Universal viscosity at 100 F by  $1 + (t - 100) 0.000 064$ .

For example, 10  $\nu$  at 210 F are equivalent to 58.91 multiplied by 1.0070 or 59.32 sec Saybolt Universal at 210 F.

### Equivalents of Kinematic and Saybolt Furol Viscosity

Kinematic Viscosity, Centistokes $\nu$	Equivalent Saybolt Furol Viscosity, Sec	
	At 122 F	At 210 F
48	25.3	
50	26.1	25.2
60	30.6	29.8
70	35.1	34.4
80	39.5	39.0
90	44.1	43.7
100	48.6	48.3
125	60.1	60.1
150	71.7	71.8
175	83.8	83.7
200	95.0	95.6
225	106.7	107.5
250	118.4	119.4
275	130.1	131.4
300	141.8	143.5
325	153.6	155.5
350	165.3	167.6
375	177.0	179.7
400	188.8	191.8
425	200.6	204.0
450	212.4	216.1
475	224.1	228.3
500	235.9	240.5
525	247.7	252.8
550	259.5	265.0
575	271.3	277.2
600	283.1	289.5
625	294.9	301.8
650	306.7	314.1
675	318.4	326.4
700	330.2	338.7
725	342.0	351.0
750	353.8	363.4
775	365.5	375.7
800	377.4	388.1
825	389.2	400.5
850	400.9	412.9
875	412.7	425.3
900	424.5	437.7
925	436.3	450.1
950	448.1	462.5
975	459.9	474.9
1000	471.7	487.4
1025	483.5	499.8
1050	495.2	512.3
1075	507.0	524.8
1100	518.8	537.2
1125	530.6	549.7
1150	542.4	562.2
1175	554.2	574.7
1200	566.0	587.2
1225	577.8	599.7
1250	589.5	612.2
1275	601.3	624.8
1300	613.1	637.3
Over 1300	*	†

ANEXO A-15 TABLAS DE CONVERSION DE VISCOSIDAD CINEMATICA DE CENTI STOKES A VISCOSIDAD UNIVERSAL SAYBOLT (TABLA DE LA IZQUIERDA) Y DE CENTI STOKES A VISCOSIDAD FUROL SAYBOLT.



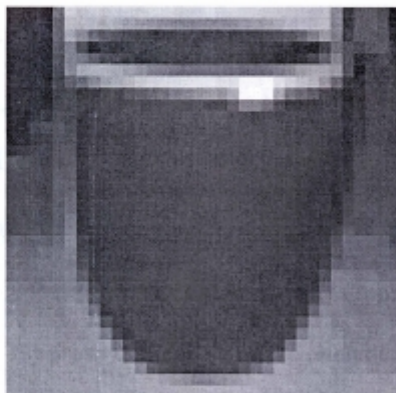
ANEXO A-16 DIMENSIONES DEL LADRILLO DE CHAMOTA

Buscar

Ya contamos con la representacion de C.A.Picard

Empresa dedicada a refracciones de granalladora y modeadoras

BUX350H ABUX350H



Para obtener los  
precios debe de estar  
registrado

Agregar a tu  
Carrito de Compras  
(Puedes quitarlo después)

BUX350H

#### Información del Producto:

Clave de Artículo: **ABUX350H**

[ANEXO A-17 CRISOL](#)

## Antecedentes

### del Proyecto Tempate en Nicaragua

La producción de Ester Metílico de Aceite de Tempate (EMAT) como sustituto del combustible Diesel se originó en las investigaciones que se realizan desde 1989 en el Departamento de Biomasa de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) con la cooperación técnica y financiera del Gobierno de Austria por medio de la empresa **Sucher & Holzer**.

En 1991 se iniciaron los trabajos con la Empresa Nicaragüense de Petróleo, **PETRONIC**, para impulsar la explotación agroindustrial del cultivo del Tempate, con el objetivo de producir el EMAT como sustituto del combustible Diesel.

Los gobiernos de Austria y de Nicaragua firmaron un convenio para impulsar el cultivo y el procesamiento del Tempate, su ejecución la realizan, **PETRONIC** y la empresa Austriaca **Sucher y Holzer** bajo la denominación de **Proyecto Tempate**.

El **Proyecto Tempate** ha establecido las áreas de cultivos en el Departamento de León con pequeños productores y cooperativas.

La fábrica de procesamiento se ha instalado en la Ciudad de Telica, recibiendo el nombre de: Planta Procesadora de Semilla de Tempate "Miguel Larreynaga".

## Objetivos

### del Proyecto Tempate

- Producción nacional de una parte del combustible Diesel que se utiliza.
- Abastecimiento de materia prima a las empresas productoras de aceite comestible.
- Producción nacional de materias primas para la elaboración de alimentos para animales.
- Creación de fuentes de trabajo, temporal y permanente.
- Transformación de tierras ociosas y marginales en áreas productivas.
- Protección y regeneración de los recursos naturales.

#### Características del Tempate

Nombre científico:	<i>Jatropha curcas</i>
Origen:	Continente americano
Familia:	Euphorbiaceas
Porte:	Arbustivo
Lugar de Crecimiento:	desde el nivel del mar hasta los 1.000 msnm.
Reproducción:	Estacas y semillas
Lluvia requerida anual:	Producción óptima: 900 - 1.200 mm. Mínimo: 250 mm.

Se han reportado árboles de hasta 60 años de edad aún en producción, por lo que su cultivo se considera perenne.

## Magnitud

### del Proyecto Tempate

- Se han sembrado 1000 ha. del cultivo con una cantidad de 1,111,000 árboles.
- Se ha instalado una fábrica con capacidad de procesar 8,000 TM/año de semilla seca del fruto de Tempate.
- A partir de las 1,000 ha., se producirán 253,000 glns/año de EMAT como sustituto del Diesel.
- Se producirán 800 TM/año de aceite para uso comestible.
- Se obtendrán 1,600 TM/año de alimento concentrado para animales.
- Como un subproducto, se obtendrán 144 TM/año de un insecticida para garrapatas totalmente biológico.
- La fábrica será autosuficiente en la generación de calor para el secado de las semillas al utilizar sus cascarrillas como combustible.
- Se generarán 45 empleos permanentes y 840 empleos temporales durante 6 meses al año en el cultivo y cosecha de cada 1000 ha.





## Proceso Agroindustrial de la Semilla de Tempate

El Procesamiento del fruto del Tempate requiere las etapas de:

- RECOLECCION del fruto maduro en los campos agrícolas.
- ACOPIO Y DESCASCARADO del fruto para obtener las semillas.
- LIMPIEZA Y SECADO de las semillas en la fábrica.
- DESCASCARILLADO de la semilla para obtener la almendra.
- PRENSADO de la almendra para obtener el aceite de Tempate.
- FILTRACION del aceite que será usado para convertirlo en combustible o en comestible con un proceso de desoxificación.
- TRANS-ESTERIFICACION del aceite de Tempate, usando Metanol e Hidróxido de Potasio, en EMAT para usarlo como combustible (Bio-Diesel).
- DESTOXIFICACION de la torta obtenida durante el prensado de la semilla para su uso como alimento balanceado.
- ALMACENAMIENTO y despacho del EMAT.

## Propiedades Físicas Químicas del EMAT y del Diesel

Propiedad	EMAT	DIESEL
Densidad gr/ml (30°C)	0.879	0.85
Punto de inflamación °C.	192	55
Viscosidad cinemática cts. 10° (30°C)	4.84	2-8
Poder calorífico mJ/kg	41	45
% de éster	>99	0
% de azufre	0	0.5 máx.
Residuo de carbono %	0.024	0.35 máx.

## Ventajas

del uso del EMAT en vehículos Diesel

- No ocasiona aumento de la emisión de carbono a la atmósfera.
- No contiene azufre que posteriormente podría provocar lluvias ácidas.
- Es compatible con el Diesel pudiéndose utilizar mezclado en cualquier proporción o puro.
- Hay mejores características en la lubricación de los diferentes componentes del sistema de inyección.

Planta Procesadora de Semilla de Tempate  
"Miguel Larreynaga"  
Telica, Departamento de León, Nicaragua  
Teléfono: 0318- 247



Sistema Agroindustrial del Cultivo de

## TEMPATE

(*Jatropha curcas L.*)




Producción de Ester Metílico del Tempate (EMAT) como sustituto del COMBUSTIBLE DIESEL

PETRONIC  
Gobierno de Austria  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Proyecto Biomasa

Marzo 1997



 <b>STM</b> <b>COMPONENTES</b> <b>HIDRAULICOS</b>	<b>Hidraulica Rogimar, S.A.</b> CIF: A58151341 Teléfono: 934735770 Fax: 934737123 Francesc Layret 6. Nave 5-Poligono Ind. EL PLA MOLINS DE REI 08750 BARCELONA (ESPAÑA)	<b>OFERTA COMERCIAL</b> Código Cliente: 1613 Fecha: 13/10/2009 Nº Oferta: OF00004485
	<b>Num. Oferta:</b> <b>Su Solicitud</b>	CLIENTE: <b>HELDER CRUZ</b> holderjosec@yahoo.es  Telefono: 00543404498047 Fax: 00543404498248

REF.	DESCRIPCION	F.ENTREGA	UNID	PRECIO	% DTO	IMPORTE
MT3004D	MOTOR MPR 125 CD	13/10/2009	1	267,4700	20,00%	213,98
B20090	BOMBA STM 20-22-D-016-G(AL)	13/10/2009	1	141,8000	20,00%	113,44
CA0009	CAM. ME 7.5A12.5 CV BOMBA GR.2	13/10/2009	1	54,7300	20,00%	43,78
AM0011	ACOP.ME7.5A12.5 CV BOMBA GR.2	13/10/2009	1	46,7000	20,00%	37,36
ME3413	M.E.7.5CV(132SA)1500-220/380B5	13/10/2009	1	598,3100	20,00%	478,65

Dto. Esp. 0,00%	Importe 0,00 €	Dto. P.P. 0,00%	Importe 0,00 €	Base Imponible: 0,00	% IVA 16,00	Imp. IVA 0,00	<b>Total Oferta:</b> <b>887,21 €</b>
--------------------	-------------------	--------------------	-------------------	-------------------------	----------------	------------------	---

**FORMA DE PAGO:** CONTADO      **DIA DE PAGO:** 0      **Enviado por:** ADMIN2  
**OBSERVACIONES:**

VALIDEZ DE LA OFERTA 30 DÍAS



ANEXO A-19 COTIZACION MOTOR HIDRAULICO

# CSB-T

EXTRACTORES CENTRÍFUGOS DE  
ALABES RADIALES S&P  
300, 400, 600, 1300, 2000, 2600 y 3500 m³/h



La serie CS de extractores de tipo centrífugo con turbina de alabes rectos radiales, cuenta con siete tamaños cuyas prestaciones cubren un amplio rango de caudal manejando presiones medias.

Su construcción robusta y a la vez compacta, permite su adaptación a cualquier tipo de instalación.

## Características Principales

Carcasa en acero electrosoldada, rotor de alabes rectos radiales fabricado en fundición de Al, acabado en pintura en polvo poliéster homeada color gris martillado con gran resistencia a la corrosión. Motor acoplado directamente a la turbina.

## Aplicaciones

Cámaras de pintura, secadores, manejo de humo, polvo, presurización en procesos industriales, etc.

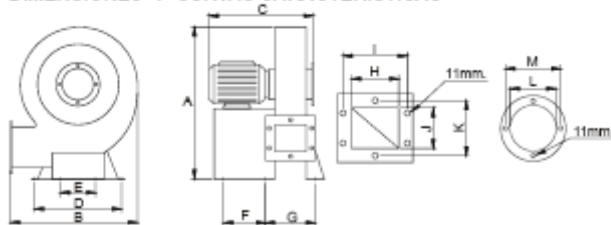
\* Todos los modelos de línea son rotación derecha.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

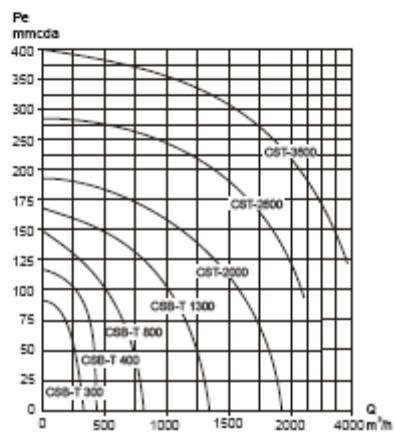
Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Intensidad máxima (A)			Caudal descarga libre m³/hr	Nivel Sonoro dB(A)*	Peso aprox. Kg
			440	220	127			
CSB-300	3450	1/4	-	-	6.2	320	71	13
CSB-400	3456	1/2	-	-	9.4	400	73	17
CSB-600	3456	1/2	1.1	2.2	-	400	73	17
CSB-1300	3556	3/4	-	8.3	12.3	820	75	21
CSB-2000	3556	3/4	1.5	3	-	820	75	21
CSB-2600	3300	1	-	8	14.7	1300	82	24
CSB-3500	3300	1	1.9	3.9	-	1300	82	24
CSB-4000	3580	1.5	2.4	4.8	-	2000	84	37
CSB-5000	3490	3	5	10	-	2600	86	41
CSB-6000	3500	5	7.4	14.8	-	3500	90	66

\* Nivel sonoro medido de acuerdo a norma 300/96 AMCA y 301/96.

## DIMENSIONES Y CURVAS CARACTERÍSTICAS



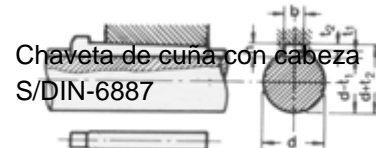
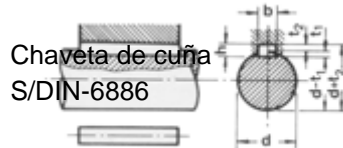
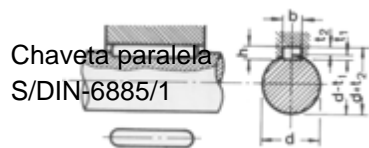
DIMENSIONES mm												
Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
CSB-300	262	312	310	213	88	20	110	80	91	80	77	111
CSB-T 400	415	360	310	230	88	20	110	80	91	70	101	111
CSB-T 600	485	427	345	255	110	20	152	80	115	105	139	123
CSB-T 1300	555	427	375	283	110	20	170	100	132	120	150	140
CSB-T 2000	625	540	415	315	142	116	195	118	153	125	161	155
CSB-T 2600	625	540	425	315	142	116	195	118	153	125	161	155
CSB-T 3500	725	620	585	400	150	120	201	120	155	142	173	181



ANEXO A-20 CARACTERÍSTICAS DE COMPRESOR DE AIRE DE ALIMENTACION AL QUEMADOR.

ANEXO A-21 DIMENSIONES DE CHAVETAS Y CHAVETEROS NORMALIZADOS SEGÚN DIN 6885,6886 Y6887





Ø eje d mm desde- hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887					
		d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	t <sub>1</sub> m/m	Tol. admisible (en altura)m/m	Ø m/m desde-hasta	Tol. H-7 m/m
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1			
30-38	10x8	d+3,4	+0,2	d+2,8	+0,2	4,7		30-50	+0,025 0
38-44	12x8	d+3,2		d+2,6		4,9			
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9		5,5		50-80	+0,030 0
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		6,2			
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5		6,8		80-120	+0,035 0
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		7,4			
75-85	22x14	d+5,6		d+4,8		8,5		120-180	+0,040 0
85-95	25x14	d+5,4		d+4,6		8,7			
95-110	28x16	d+6,2		d+5,4		9,9		180-250	+0,046 0
110-130	32x18	d+7,1		d+6,1		11,1	+0,3		
130-150	36x20	d+7,9	+0,3	d+6,9	+0,3	12,3		250-315	+0,052 0
150-170	40x22	d+8,7		d+7,7		13,5			
170-200	45x25	d+9,9		d+8,9		15,3		315-400	+0,057 0
200-230	51x28	d+11,2		d+10,1		17			
230-260	56x32	d+12,9		d+11,8		19,3		400-500	+0,063 0
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5	+0,3	19,6			

Zonas de tolerancia

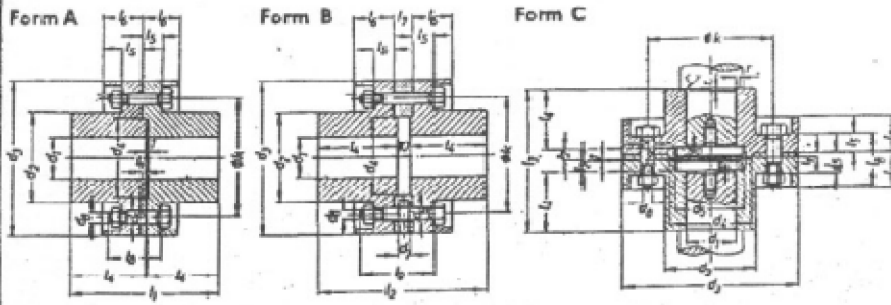
en el ancho de los chaveteros

Tipo de ajuste	chavetero eje	chaveteo rueda
A presión (forzado) <i>forced</i>	P9	P9
Ligero	N9	J9
Deslizante	H8	D10

La chaveta deberá dimensionarse de manera que pueda transmitir el mismo momento o par de torsión que el eje correspondiente. Por ello, la longitud de dicha chaveta deberá ser, como mínimo, igual a 1,5 veces el diámetro del eje.

Los chaveteros de eje y rueda deberán tener bordes redondeados ( en todos los sentidos) para evitar la formación de grietas y porteriores roturas.

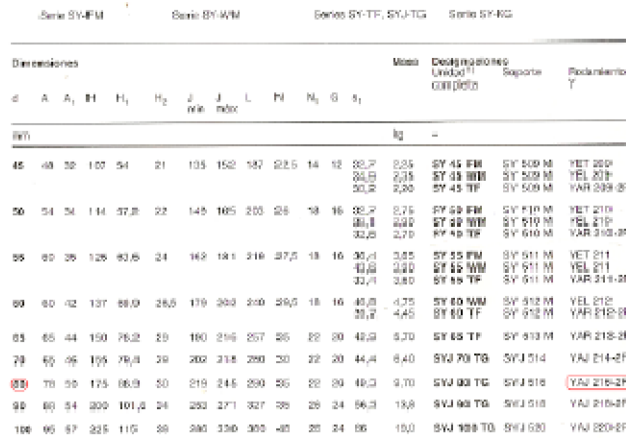
millerin uçlarına karşılıklı olarak takılır.  
eksenleri aynı doğrultuda olan milleri birbirine bağlar.



Kaplin ölçüleri

Ölçüler mm'dir

																				BAĞLAMA CİVATALARI				Moment Nm																							
d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	k	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	l <sub>6</sub>	l <sub>7</sub>	l <sub>8</sub>	l <sub>9</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>11</sub>	l <sub>12</sub>																												
																				Civata çapı d <sub>8</sub>	Civata boyu A d <sub>9</sub>	FORM B C d <sub>10</sub>	Civata sayısı d <sub>11</sub>																								
25	58	125	50	43	11	M 10		90	101	110	117	50	16	31	16	1,6	3	8	M 10	45	60	3	4525 873																								
30																								2	10	150	236																				
35																								2	10	150	236																				
40																								2	10	150	236																				
45	95	160	75	65	11	M 10		125	141	150	159	70	18	34	16	2	3	14	M 10	50	65	3	335 915																								
50																																															
55																																															
60																																															
60	110	180	90	75	13	13	M 10		140	171	180	203	85	37	16	3		16	M 12		70	4	730 975																								
70																																															
80																																															
90																																															
90	145	224	115	95	17	M 10		160	201	210	233	100	23	41	18	4	4	16	M 12	60	80	6	1700 2650																								
100																																															
100																																															
100																																															
100	164	250	135	105	17	M 10		180	221	230	261	110	30	54				20	M 16	180	100	8	4120 8800																								
100																																															
100																																															
100																																															
100	180	280	150	120	17	M 10		224	261	270	301	130	33	60				20	M 16	180	100	8	8250 8800																								
100																																															
100																																															
100																																															
110	200	300	165	130	17	M 10		250	281	290	329	140	33	60				24	M 16	185	105	10	12500 19000																								
110																																															
110																																															
110																																															
120 (125)	225	333	185	145	21	M 12		280	311	320	359	155	40	70				28	M 20	105	125	10	30700 45000																								
140																																															
140																																															
140																																															
140	250	375	210	160	25	M 12		310	341	350	397	170	40	75				28	M 24	110			12	45000 61500																							
160																																															
160																																															
160																																															
180	325	450	265	—	32	M 12		380	451	460	—	225	45	80				20						14	82500 118000																						
200																																															
200																																															
200																																															
220	400	560	310	—	32	M 12		420	501	510	—	250	52	95				20							16	82500 118000																					
250																																															
250																																															
250																																															
220	400	560	310	—	32	M 12		470	541	550	—	270	52	95				20								16	82500 118000																				
250																																															
250																																															
250																																															
250	450	630	390	—	32	M 12		540	601	610	—	300	52	95				20								16	82500 118000																				
250																																															
250																																															
250																																															



### ANEXO A-23 TABLA DE DIMENSIONES DE LOS RODAMIENTOS.

MECANISMO MANUAL DE VERTIDO



ANEXO A-24 FOTOGRAFIA DE HORNO DE CRISOL BASCULANTE DEL INGENIO SAN ANTONIO.



## CAPACITIES

### 780 SERIES SELF-PROPORTIONING OIL BURNERS BURNER CAPACITIES

#### Operating With Air Shutters Closed (Sealed-in)

Burner Size	779	780	781	782	783	784	785	786
Air Inlet	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	6"	8"
Oil Inlet Size	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"	1/2"
<b>16 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	34	66	123	210	298	660	910	1620
Oil Max. (GPH)	1.5	2.9	5.4	9.2	13	29	40	71
Oil Min. (GPH)	0.75	1	1.1	1.1	3.1	6.2	11.1	16.7
<b>20 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	38	74	138	235	334	739	1019	1814
Oil Max. (GPH)	1.7	3.3	6	10.3	14.7	32.5	44.8	79.7
Oil Min. (GPH)	0.75	1	1.2	1.3	3.5	6.9	12.4	18.7
<b>24 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	42	81	151	257	365	809	1115	1985
Oil Max. (GPH)	1.8	3.6	6.6	11.3	16	35.6	49	87.3
Oil Min. (GPH)	0.75	1	1.3	1.4	3.9	7.6	13.6	20.5
<b>32 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	48	93	173	296	420	931	1283	2284
Oil Max. (GPH)	2.1	4.1	7.6	13	18.5	40.9	56.4	100.4
Oil Min. (GPH)	0.75	1.1	1.5	1.6	4.4	8.7	15.6	23.6

#### Operating With Air Shutters Open (Induced air firing)

Burner Size	779	780	781	782	783	784	785	786
<b>16 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	34	66	123	210	298	660	910	1620
Oil Max. (GPH)	2.5	4.9	9.2	15.6	22	49.2	67.8	120.3
Oil Min. (GPH)	1.3	1.7	1.9	1.9	5.3	10.5	18.8	28.3
<b>20 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	38	74	138	235	334	739	1019	1814
Oil Max. (GPH)	3.1	6	10.9	18.7	26.7	59	81.5	145
Oil Min. (GPH)	1.4	1.8	2.2	2.4	6.4	12.5	22.5	34
<b>24 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	42	81	151	257	365	809	1115	1985
Oil Max. (GPH)	3.4	6.9	12.6	21.5	30.5	67.8	93.3	166.3
Oil Min. (GPH)	1.4	1.9	2.5	2.6	7.4	14.5	25.9	39
<b>32 osi Air Pressure</b>								
Air Max. (CFM)	48	93	173	296	420	931	1283	2284
Oil Max. (GPH)	4.2	8.2	15.2	26	37	81.8	112.8	200.8
Oil Min. (GPH)	1.5	2.2	3	3.2	8.8	17.4	31.2	47.2

The table above gives approximate burner capacities for combustion chambers with drafts from 0.05" wc to 0.1" wc and 41% induced secondary air at 16 osi pressure, 45% at 20 osi pressure, 47.5% at 24 osi pressure and 50% at 32 osi pressure. If more draft is available, maximum burner capacity can be increased.

Note: Capacities in these tables are based on No. 2 fuel oil with a gross heating value of 138,000 Btu/gallon. Capacities for other grade fuel oils will vary based on their gross heating value.



## SUPPLEMENTAL DATA

---

### 780 SERIES SELF-PROPORTIONING OIL BURNERS GENERAL INFORMATION

#### **AIR SUPPLY**

The required atomizing air pressure at the burner for most applications is 16 psi for light distillate oils and from 24 to 32 psi for heavy residual oils. The higher air pressure range may be required for high furnace temperatures or higher oil firing capacities for maximum heat liberation in a specific combustion space. It is recommended that air supply piping enter from above the burner (12 o'clock). The air supply piping can enter from either side of the burner body (3 or 9 o'clock position) if necessitated by the installation.

#### **OIL SUPPLY**

Oil should be supplied to the burner oil pressure regulator at 25 psig or more for light oils not requiring heating, and at 35 psig or more for heated heavy residual oils. The oil pressure regulator reduces and maintains constant oil pressure at the required operating pressure, usually 2 to 10 psig at the burner.

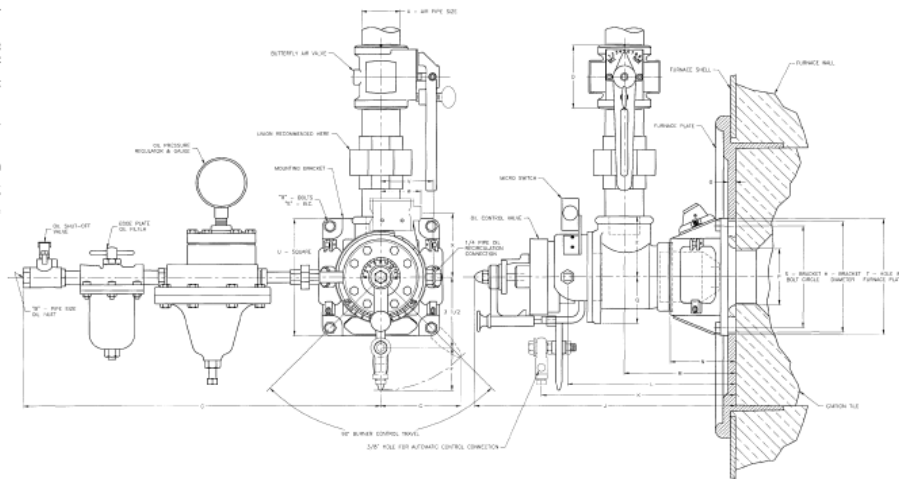
Heavy residual oils must be heated to a viscosity of 80-90 SSU. The oil temperature should be held constant to avoid variation in burner firing rates. By piping an oil return line to the oil recirculation connection provided, hot oil can be circulated up to and through the oil control valve in each burner. Consequently, the temperature of the oil at the burner can be easily maintained. The oil does not cool off to cause unequal distribution, poor regulation, or atomization problems. At start-up, the hot oil can even be circulated up to and through the valve with no oil entering the burner. When the oil in the valve reaches the required temperature, the oil valve can be opened to easily light the burner.





## DIMENSIONS

### 780 SERIES SELF-PROPORTIONING OIL BURNERS Burner With Pyramid Bracket



BURNER HOURS	DIMENSIONS IN INCHES																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
779	1	3/8	18 1/2	3	2 3/8	11	3	4 1/4	8 7/8	8 3/16	5 3/4	3 3/4	2 9/16	1/4	2	1 5/8	5/16	5 1/4	4 7/16	4 3/8
780	1 1/2	3/8	18	3 1/8	3	3 1/8	4	5 1/2	12 3/8	9 1/2	8 5/16	5 1/2	3 1/8	3/8	3 5/8	2 3/16	3/8	7 1/8	5 1/2	5 1/4
781	2	3/8	18	3 1/4	3 3/2	3 1/8	4	7	13 1/2	10	9 3/4	7/8	4	3/8	4 5/8	2 11/16	3/8	8 1/2	9 1/2	5 1/4
782	3	3/8	22	4 12/16	3 7/8	2 1/8	4	8	15 7/8	13 1/2	12	8 1/2	5 1/16	7/16	4 1/2	3 1/8	1/2	9 3/4	6 1/4	6 5/8
783	4	3/8	23	5	4 1/4	2 1/8	4	9	17 1/2	15 1/8	13 9/16	9 1/2	5 5/16	1/2	4 7/8	3 1/8	1/2	10 7/8	6 1/4	9
784	5	1/2	23	6 1/2	6 3/8	2 3/8	4 1/4	11	20 1/4	18 1/8	14 7/16	11 1/4	5 7/8	5/8	6 1/4	4 1/8	1/2	13	11 1/4	11
785	6	1/2	23	6 1/2	6 3/8	2 3/8	4 1/4	11	20 1/4	18 1/8	14 7/16	11 1/4	5 7/8	5/8	6 1/4	4 1/8	1/2	13	11 1/4	11
786	8	1/2	27	5 1/2	7 7/8	2 3/8	4 1/4	12	27	24 1/2	22 1/2	15 3/4	7 1/4	5/8	8	4 1/8	1/2	14 3/4	12 1/4	12

\*FLANGED TYPE BUTTERFLY VALVE ON NO. 786 BURNER

Y20  
(NOT TO SCALE)

In accordance with Hauk's commitment to Total Quality Improvement, Hauk reserves the right to change the specifications of products without prior notice.  
**HAUK MANUFACTURING CO., P.O. Box 90 Lebanon, PA 17042-0090 717-272-3051**

(OVER)

7AND-2

ANEXO A-26 DIMENSIONES DEL QUEMADOR.





Bello Horizonte A-II-55 Apto. 854  
De la Rotonda, 2c. al Sur, 3c. Abajo, ½ c. al Sur  
PBX: (505) 240-1314 • Fax: (505) 251-4421  
Cel.: 088-47754 • Managua, Nicaragua  
E-mail: tubal@cablenet.com.ni

DISTRIBUCION DE PRODUCTOS DE ALTA CALIDAD

## CODOS 90°

Codos 90° extremos roscados (NTP)

Codos 90° NTP de 1/4" a 2"				
TAMAÑO NOMINAL	A (in)	B (in)	CUERDA	PESO (Kg)
1/4"	0.969	1.031	1/4"-18 NPT	0.148
3/8"	1.125	1.313	3/8"-18 NPT	0.299
1/2"	1.313	1.500	1/2"-14 NPT	0.425
3/4"	1.500	1.813	3/4"-14 NPT	0.750
1"	1.750	2.188	1"-11 ½ NPT	1.202
1 1/4"	2.000	2.438	1 1/4"-11 ½ NPT	1.344
1 ½"	2.375	2.969	1 ½"-11 ½ NPT	2.381
2"	2.500	3.313	2"-11 ½ NPT	3.012



Material: ASTM A105N

Codos 90° extremos soldables

Codos 90° S.W DE 1/4" A 2"							
TAMAÑO NOMINAL	B (in)	C (in)	E (in)	F (in)	G (in)	H (in)	PESO (Kg)
1/4"	0.813	0.375	0.875	0.555	0.438	0.364	0.096
3/8"	0.969	0.438	1.031	0.690	0.531	0.493	0.124
1/2"	1.125	0.500	1.313	0.855	0.625	0.622	0.240
3/4"	1.131	0.563	1.500	1.065	0.750	0.824	0.391
1"	1.500	0.625	1.813	1.330	0.875	1.049	0.506
1 1/4"	1.750	0.688	2.188	1.675	1.063	1.380	0.833
1 1/2"	2.000	0.750	2.438	1.915	1.250	1.610	1.114
2"	2.375	0.875	2.969	2.406	1.500	2.067	1.565



Material: ASTM A105N

## CODOS 45°

Codos 45° extremos roscados (NTP)

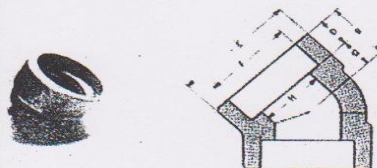
Codos 45° NTP de 1/4" a 2"				
TAMAÑO NOMINAL	A (in)	B (in)	CUERDA	PESO (Kg)
1/4"	0.356	1.031	1/4"-18 NPT	0.182
3/8"	0.542	1.313	3/8"-18 NPT	0.272
1/2"	0.873	1.500	1/2"-14 NPT	0.356
3/4"	0.926	1.813	3/4"-14 NPT	0.542
1"	1.750	2.188	1"-11 ½ NPT	0.873
1 1/4"	2.000	2.438	1 1/4"-11 ½ NPT	0.926
1 ½"	2.375	2.969	1 ½"-11 ½ NPT	2.013
2"	2.500	3.313	2"-11 ½ NPT	2.116



Material: ASTM A105N

Codos 45° extremos soldables

Codos 45° S.W DE 1/4" A 2"						
TAMAÑO NOMINAL	B (in)	C (in)	E (in)	F (in)	H (in)	PESO (Kg)
1/4"	0.688	0.375	0.875	0.555	0.364	0.091
3/8"	0.750	0.438	1.031	0.690	0.493	0.136
1/2"	0.875	0.438	1.313	0.855	0.622	0.181
3/4"	1.000	0.500	1.500	1.065	0.824	0.227
1"	1.125	0.563	1.813	1.330	1.049	0.363
1 1/4"	1.313	0.625	2.188	1.675	1.380	0.499
1 ½"	1.375	0.563	2.438	1.915	1.610	0.726
2"	1.688	0.688	2.969	2.406	2.067	1.096



S.W.

TABLA 1		
Grupo de aleación	Temperatura de fusión en grados C.	Temperatura de recalentamiento °C.
Fundición gris	1150-1200	1350-1450
Fundición blanca (para convertirla en fundición maleable)	1250-1350	1450-1600
Bronces al estaño	1000-1150	1200-1280
Latones de fundición	900-950	1100-1150
Aleaciones de aluminio	580-630	750-800
Aleaciones de magnesio	600-650	760-800

8

ANEXO A-28 PUNTOS DE FUSION Y TEMPERATURAS DE VERTIDO DE ALGUNAS ALEACIONES.

## SELECTION TABLES & DIMENSIONS

### M Model Unit—Single-Stage

Models	Speed rpm	Rotation*	Style	Nozzle Location*	Max. Suction	
					Fire Size gph at 100 psi	Gear Cap.**
M17CL-6	1725	CCW	C	Left	6	32
M17DL-6	1725	CW	D	Right	6	32
M34CL-3	3450	CCW	C	Left	3	29
M34DK-3	3450	CW	D	Right	3	17
M34CL-6	3450	CCW	C	Left	6	29
M34DL-6	3450	CW	D	Right	6	29

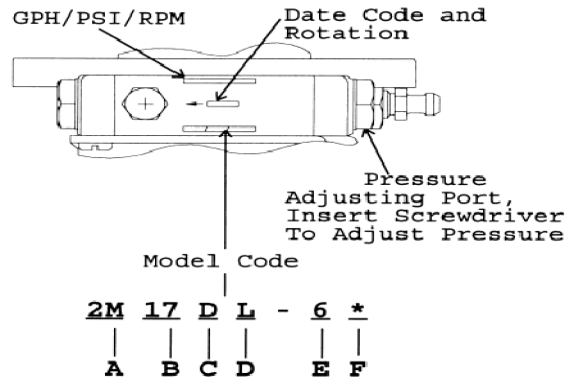
\*As viewed from shaft end

\*\* Based on two-pipe installation

### 2M Model Unit—Two-Stage

ANEXO A-29 Tabla de selección y dimensiones de la bomba de combustible

## M-SERIES FUEL UNIT-CODE ANALYSIS



A— M = Single Stage  
2M= Two Stage

B— 17 = 1725 RPM  
34 = 3450 RPM

C— C = CCW rotation, outlet left  
D = CW rotation, outlet right  
(as viewed from shaft end)

D— A = Key drive, face seal, old style porting  
B = Std., face seal, old style porting  
C = Special, face seal, old style porting  
D = Std. lip seal, old style porting  
E = Special, lip seal, old style porting  
F = Same as D except revised porting  
G = Same as E except revised porting  
H = Same as F except o-ring on pressure adjusting screw  
J = Same as H except revised internal porting  
K = Same as J except revised porting and bleed valve location  
L = Same as K except revised porting and bleed valve location  
M = BIO Pump  
E— 3 = 3gph max. recommended fire size  
6 = 6gph max. recommended fire size  
15 = 15gph max. recommended fire size

F— No \*=unit set 1 pipe  
(bypass plug not installed)  
\*=Unit set 2 pipe  
(Bypass plug installed)

ANEXO A-30 CODIFICACION DE LOS MODELOS DE LAS BOMBAS DE COMBUSTIBLE MARCA WEBSTER.

## Dimensions

The dimensions indicated apply to both M Model, single-stage units, and 2M Model, two-stage units. Refer to table for variable dimension X.

Dimension drawing shows nozzle, inlet and gage port locations for D Style units. C Style units are the opposite of that pictured.

### Dimensiones

Las dimensiones indicadas aplican para los modelos de 1 y de 2 etapas de compresión. Abóquese a la tabla en el dibujo para consultar la dimensión variable x.

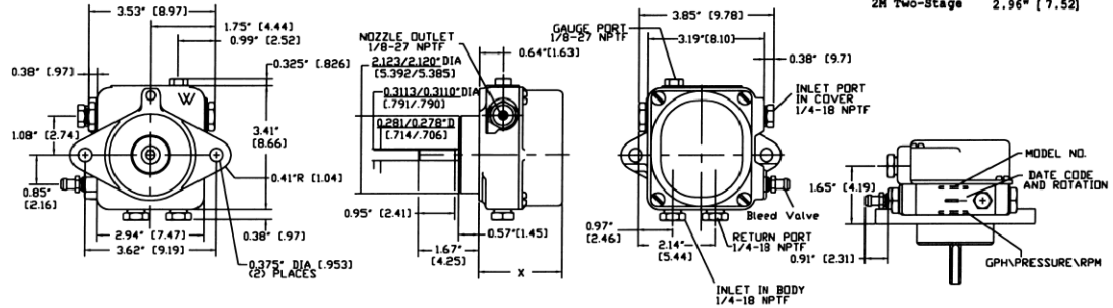
El dibujo de las dimensiones muestra tobera, puerto de entrada y conexión de manómetro para modelos con sentido de giro a favor de las manecillas del reloj, visto desde la punta del árbol de la bomba.

The model number and rating information (gph/psi/rpm) are stamped into the machined surface on top of the pump body. Check to confirm pump is correct for the application.

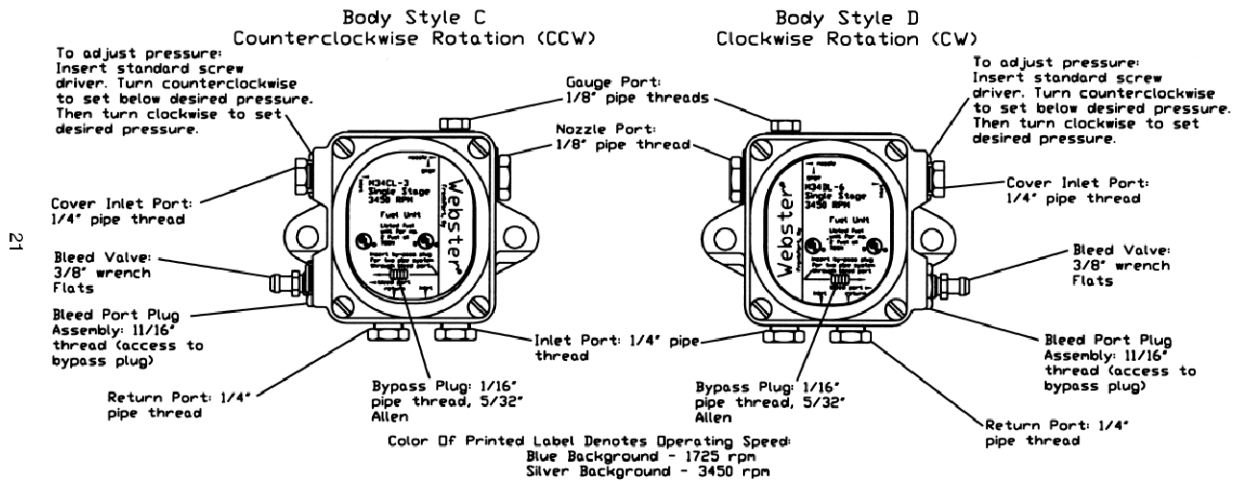
Dimensions ( ) = centimeters

#### Variable Dimension

Model	X
M Single-Stage	2.33" (5.92)
2M Two-Stage	2.96" (7.52)



### ANEXO A-32 DIBUJO DE LAS DIMENSIONES DE LAS BOMBAS DE COMBUSTIBLE WEBSTER.



### ANEXO A-33 UBICACIÓN DE CONEXIONES PARA MODELOS DE BOMBA WEBSTER CON SENTIDO DE GIRO ANTIHORARIO Y HORARIO (DE IZQUIERDA A DERECHA EN LA FIGURA).



## **INSTALLATION DATA**

M Series units may be used in one-or two-pipe installations. They have vacuum capability up to 10" Hg on single-stage units, 15" Hg on two-stage units including piping and lift losses. They are rated for use with #1 and #2 fuel oil or kerosene.

**IMPORTANT:** Do not loosen or try to tighten any pump plugs not to be used in the installation. **NON HARDENING OIL PIPE DOPE IS RECOMMENDED** for use on the threads of all fittings. Teflon tapes or paste must be used with care to prevent depositing tape pieces or fibers into critical internal areas of the pump. Reduced torque must be used with teflon materials to avoid thread or casting damage. **EVIDENCE OF TEFLON MATERIAL IN INTERNAL AREAS OF THE FUEL UNIT WILL BE CAUSE TO VOID WARRANTY.**

### **Installation Notes:**

Nozzle port pressure at cutoff is not less than 80% of set pressure on all except -15 models. -15 models do not have internal cutoff.

'Fuel unit inlet pressure should not exceed 3 psig in order to comply with National Fire Protection Association's Bulletin 31.'

M Series fuel units are available in standard C Style (counterclockwise rotation, nozzle port on left, as viewed from shaft end) or D Style models (clockwise rotation, nozzle port on right, as viewed from shaft end).

### **Important Rating Information**

Recommended fire size (RFS) of pump decreases as pump operating pressure is increased above 100 psi nominal rated pressure, except M34DK-3, which is rated to 150 psi. For adequate service life, nozzle flow at set pressure must not exceed RFS figures in table below.

Max. UL listed operating press. = 135 psi ("K"-150 psi)

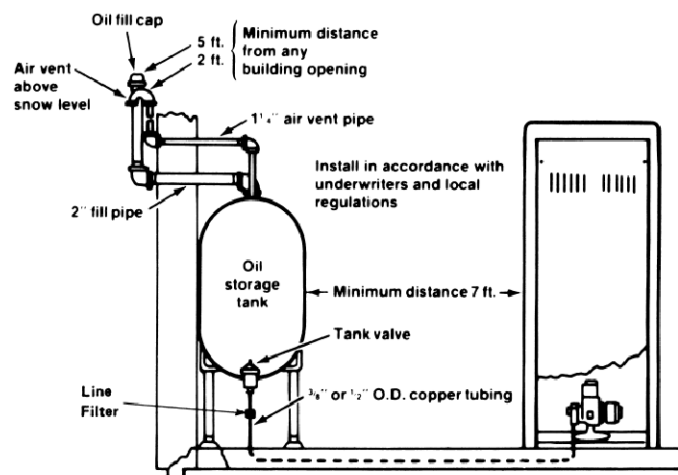
Pump Model	RFS at 100 psi	RFS at 135psi	RFS at 150 psi
M34-3, 2M34-3	3 gph	1 gph	—
M34-6, 2M34-6	6 gph	3 gph	—
M34-15, 2M34-15	15 gph	13 gph	—
M17-6, 2M17-6	6 gph	3 gph	—
M17-15	15 gph	13 gph	—
M34DK-3	3 gph	3 gph	3 gph

**ANEXO A-35 PUNTO DE OPERACIÓN INDICADOS PARA MODELOS DE 1 Y 2 ETAPAS Y DE 3 HASTA 6 GALONES POR HORA.**

**One-Pipe Installation**

Normally recommended for gravity feed only. Lift up to 8 feet max. is allowable if system is absolutely airtight. Even slight air leak can cause loss of prime with 1 pipe lift.

1. Remove BYPASS PLUG (if installed) through side INLET PORT in pump body.
2. Connect inlet line to preferred INLET PORT.
3. Connect nozzle outlet to nozzle line.
4. Plug all unused ports securely.
5. Start burner and bleed all air from the system by opening VENT PLUG. Close VENT securely when oil flow in tube is clear.



**ANEXO A-36 INSTALACION DE BOMBA DE 1 TUBERIA.**

***TRADUCCIONES.***



A HYDROMETER CAN BE USED TO MEASURE THE SPECIFIC GRVITY OF LIQUIDS DIRECTLY. THREE HYDROMETER SCALES ARE COMMON IN THIS COUNTRY (USA) THE API SCALE WICH IS USED FOR OILS ...THE RELATIONSHIP BETWEEN THE HYDOMETER SCALES AND SPECIFIC GRAVITY ARE:	UN HIDROMETRO PUEDE SER USADO PARA MEDIR LA DENSIDAD RELATIVA DE LIQUIDOS DIRECTAMENTE. TRES ESCALAS DE HIDROMETROS SON COMUNES EN ESTE PAIS (E.E.U.U.) LA ESCALA API LA CUAL ES USADA PARA ACEITES... LA RELACION ENTRE LAS ESCALAS DEL HIDROMETRO Y LA DENSIDAD RELATIVA SON	ANEXO A-1 (FRAGMENTO)
FOR OILS	PARA ACEITES	
EQUATION 2.25	ECUACION 2.25	

TAMAÑO DEL QUEMADOR	781	ANEXO A-25 (DATOS DE SELECCIÓN)
ENTRADA DE ACEITE	2"	
ENTRADA DE AIRE	3/8"	
A 32PSI DE PRESION DE AIRE		
CFM MAX AIRE	173	
GPH DE ACEITE MAX	7.6	
GPH DE ACEITE MIN	1.5	

LA ADECUADA PRESION DE ATOMIZACION DE AIRE EN EL QUEMADOR PARA LA MAYOR PARTE DE LAS APLICACIONES ES DE 16 PSI PARA ACEITES DESTILADOS LIGEROS Y DE 24 A 32 PSI PARA ACEITES PESADOS. LOS RANGOS DE PRESION MAS GRANDES PUEDEN SER REQUERIDOS PARA HORNOS QUE TRABAJAN A ALTAS TEMPERATURAS O EN LOS CASOS QUE EL QUEMADOR MANEJE GRAN CANTIDAD DE CALOR PARA LA MAXIMA LIBERACION DE CALOR EN UN ESPACIO DE COMBUSTION ESPECIFICO. SE RECOMIENDA QUE LA TUBERIA DE SUMINISTRO DE AIRE ENTRE EN LA PARTE SUPERIOR DEL QUEMADOR (A LAS 12:00). LA ACOMETIDA DE AIRE PUEDE DARSE POR LOS COSTADOS DEL QUEMADOR DE SER NECESARIO POR RAZONES DE DISEÑO.

#### SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

EL COMBUSTIBLE DEBE DE LLEGAR AL REGULADOR DE PRESION DEL QUEMADOR A LA PRESION DE 25 PSIG O MAS PARA ACEITES LIGEROS QUE NO REQUIERAN CALENTAMIENTO Y @ 35 PSIG O MAS PARA ACEITES CALENTADOS RESIDUALES QUE SEAN PESADOS. EL REGULADOR DE PRESION MANTIENE LA PRESION HASTA UN MAXIMO DE 10 PSIG.

LOS ACEITES QUE SE PRECALIENTAN SON LOS RESIDUALES, SE DEBEN DE LLEVAR HASTA UNA VISCOSIDAD DE 80-90 SSU.

#### INFORMACION DE INSTALACION

Las unidades de la serie M pueden ser usadas en instalaciones de 1 ó 2 tuberías (las acometidas son hechas con mangueras), ellas cuentan con una capacidad de generación de vacío de hasta 10" de mercurio, en unidades de una sola estación de compresión y de hasta 15" de mercurio para aquellas con doble etapa de compresión. Ellas están diseñadas para combustibles ligeros como el número 1, número 2 o el Keroseno.

**IMPORTANTE:** no trate de aflojar o apretar ninguna conexión (acometida) que no se usen en la instalación. **NINGÚN DERRAME DE ACEITE SE RECOMIENDA** por uso de roscas o accesorios. Cintas de teflón o pastas pueden ser usadas con cuidado para evitar deposición de pedazos de cinta o fibras dentro de aéreas internas críticas de la bomba.

#### Notas de instalación:

El puerto de presión de la tobera no puede tener un estrangulamiento que provoque un caída de presión superior al 20% de la presión nominal, excepto en los modelos de 15 GPH, que no cuentan con regulación de flujo en tal puerto.

La presión de entrada al equipo (bomba) no debe de superar los 3 psig para cumplir con el boletín 31 de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendio de E.E.U.U.

Las unidades de la serie M están disponibles en estándar (giro contrario a las manecillas del reloj) , puerto de la tobera a la izquierda), visto desde la punta del eje o en el modelo con giro a favor de las manecillas del reloj (con características inversas al modelo estándar).

El punto de operación recomendado de la bomba disminuye en aumento de la presión de descarga del equipo.

#### TRADUCCION ANEXO A-34

## INDICE

INTRODUCCION	PAGINA 1
ANTECEDENTES	PAGINA 2
JUSTIFICACION	PAGINA 3
OBJETIVOS	PAGINA 4
CAPITULO 1: MARCO TEORICO	PAGINA 5
LOS METALES	PAGINA 5
HORNO DE CRISOL BASCULANTE	PAGINA 8
PRINCIPIOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	PAGINA 8
MATERIAL REFRACTARIO	PAGINA 16
BIODIESEL	PAGINA 20
MECANISMO DE VERTIDO	PAGINA 23
ARBOLES Y EJES	PAGINA 24
FLEXION	PAGINA 25
FATIGA	PAGINA 26
COJINETES	PAGINA 27
ACOPLAMIENTOS	PAGINA 30
LOS MOTORES HIDRAULICOS	PAGINA 32
BOMBA HIDRAULICA	PAGINA 32
PROPIEDADES FISICAS DE LOS FLUIDOS	PAGINA 35
ECUACION DE BERNOULLI	PAGINA 36
TIPOS DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS	PAGINA 37
CAPITULO 2: DESARROLLO DE CALCULOS	PAGINA 39
DISEÑO DE HORNO DE CRISOL BASCULANTE	PAGINA 39
TEORIA DE LA COMBUSTION	PAGINA 39

DIMENSIONAMIENTO DEL HORNO	PAGINA 42
CALCULOS DEL PESO DEL HORNO	PAGINA 42
BALANCE TERMICO DE LOS FLUIDOS OPERANTES	PAGINA 44
SELECCIÓN DE QUEMADOR	PAGINA 53
SELECCIÓN DE COMPRESOR DE AIRE	PAGINA 58
SELECCIÓN DE ACCESORIOS	PAGINA 60
SELECCIÓN DE BOMBA DE COMBUSTIBLE	PAGINA 69
DESARROLLO DE CALCULOS DE TRANSMISION	PAGINA 70
SELECCIÓN DE COJINETES	PAGINA 82
SELECCIÓN DE BOMBA Y MOTOR HIDRAULICO	PAGINA 87
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PAGINA 91
INDICADORES DE MANTENIMIENTO	PAGINA 100
CAPITULO 3: RECOMENDACIONES	PAGINA 106
CAPITULO 4: CONCLUSIONES	PAGINA 107
BIBLIOGRAFIA Y WEBGRAFIA	PAGINA 108
<b>ANEXO A-1 DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA DE LOS FLUIDOS</b>	<b>PAGINA 110</b>
ANEXO A-2 VISCOSIDAD ABSOLUTA DEL AGUA Y DERIVADOS DEL PETROLEO	PAGINA 111
ANEXO A-3 TABLAS P/EL CÁLCULO DE VOLUMENES DE DISTINTOS CUERPOS	PAGINA 112
ANEXO A-4 TUEBERIAS COMERCIALES DE ACERO	PAGINA 113
<b>ANEXO A-5 DENSIDAD, PUNTO DE FUSION Y ...DE ALGUNOS METALES</b>	<b>PAGINA 114</b>
ANEXO A-6 CARACTERISTICAS FISICAS DE LO METALES PUROS	PAGINA 115
ANEXO A-7 TABLAS DE CONVERSION	PAGINA 116
ANEXO A-8 PROPIEDADES TERMICAS DEL ALUMINIO	PAGINA 118
ANEXO A-9 PROPIEDADES TERMICAS DE LA CHAMOTA	PAGINA 119
ANEXO A-10 PROPIEDADES DEL AGUA A BAJA PRESION	PAGINA 119

ANEXO A-11 PROPIEDADES DEL AIRE A BAJA PRESION	PAGINA 120
ANEXO A-12 PROPIEDADES TERMICAS DE LA LAMINA METALICA	PAGINA 120
ANEXO A-13 CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA DE LOS REFRACATARIOS	PAGINA 120
ANEXO A-14 PROPIEDADES TERMICAS DE LOS GASES	PAGINA 121
ANEXO A-15 TABLAS DE CONVERSION DE VISCOCIDAD	PAGINA 123
ANEXO A-16 DIMENSIONES DEL LADRILLO DE CHAMOTA	PAGINA 124
ANEXO A-17 CRISOL	PAGINA 125
ANEXO A-18 HOJA DE DATOS DE BIODIESEL DE TEMPATE	PAGINA 126
A-19 COTIZACION MOTOR HIDRAULICO	PAGINA 128
ANEXO A-20 CARACTERISTICAS DE COMPRESOR DE AIRE	PAGINA 129
ANEXO A-21 DIMENSIONES DE CHAVETAS Y CHAVETEROS NORMALIZADOS	PAGINA 130
ANEXO A-22 TABLA DE DIMENSIONES DE ACOPLES	PAGINA 131
ANEXO A-23 TABLA DE DIMENSIONES DE LOS RODAMIENTOS	PAGINA 132
ANEXO A-24 FOTOGRAFIA DE HORNO DEL INGENIO SAN ANTONIO	PAGINA 133
ANEXO A-25 CARACTERISTICAS DEL QUEMADOR	PAGINA 134
ANEXO A-26 DIMENSIONES DEL QUEMADOR	PAGINA 136
ANEXO A-27 CODOS ROSCADOS	PAGINA 138
ANEXO A-28 PUNTOS DE FUSIONE DE ALEACIONES	PAGINA 139
<b>ANEXOS REFERENTES A BOMBA DE COMBUSTIBLE</b>	<b>PAGINA 139</b>
TRADUCCIONES	PAGINA 146